

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Факультет біотехнології і біотехніки
Кафедра екобіотехнології та біоенергетики

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри
_____ Кузьмінський Є.В.

“ ____ ” _____ 2021р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-науковою програмою «Біотехнології»

зі спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія»,
(код і назва)

на тему: Дослідження ефективності вермикомпостування органічних відходів видами *Eisenia fetida* та *Eisenia andrei*

Виконала: студентка VI курсу, групи БЕ-91мн
(шифр групи)

Ладановська Дарина Олегівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Науковий керівник доцент, к.т.н. Жукова Вероніка Сергіївна
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультант Розділ 4. Розроблення стартап проекту
(назва розділу)

доцент, к.е.н. Ткаченко Тетяна Петрівна
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент старший викладач, доктор філософії
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Мотроненко Валентина Василівна

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2021 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Факультет біотехнології і біотехніки
Кафедра екобіотехнології та біоенергетики

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)
Освітньо-наукова програма «Біотехнології»
Спеціальність 162 «Біотехнології та біоінженерія»,

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. завідувача кафедри
_____ Кузьмінський Є.В.
«___» _____

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту**

Лада́новський Дари́ні Оле́гівні _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Дослідження ефективності вермикомпостування органічних відходів видами *Eisenia fetida* та *Eisenia andrei* _____,

науковий керівник дисертації доцент, к.т.н. Жукова Вероніка Сергіївна,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «___» _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження Побутові відходи, опале листя дерев, каліфорнійські дощові черв'яки *Eisenia fetida*, *Eisenia andrei* та біогумус.

4. Предмет дослідження Параметри процесу та ефективність утилізації побутових відходів, опалого листя дерев вермикомпостуванням, здійсненого двома видами *Eisenia fetida* та *Eisenia andrei*

5. Перелік завдань, які потрібно розробити 1. Проаналізувати морфологічні відмінності видів *Eisenia fetida* та *Eisenia andrei*; 2. Встановити співвідношення субстрату з органічних відходів для вермикомпостування; 3. Спроекувати лабораторну устатковку для дослідження процесів

вермикомпостування; 4. Визначити вміст гумусу, гумінових кислот, значення зольності, рН у біогумусі, який утворено видами *Eisenia fetida* та *Eisenia andrei*; 5. Розробити стартап проект; 6. Розглянути основні положення створення належних умов праці, заходи забезпечення праці та охорони навколишнього середовища.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу 18 рисунків, 56 таблиць в пояснювальній записці

7. Орієнтовний перелік публікацій

1. Ладановська Д.О., Жукова В.С. «Ефективність вермикомпостування осадів промислових стічних вод» / Д.О. Ладановська, В.С. Жукова // «Інноваційні матеріали та технології шкіряно-хутрового виробництва», Тези IV Міжнародного науково-практичного семінару (5 грудня 2018 р., м Київ) / М-во освіти і науки України, КНУТД. – К. : КНУТД, 2018.
2. Ладановська Д.О., Жукова В.С. «Ефективність вермикомпостування осадів шкіряного виробництва» / Д.О. Ладановська, В.С. Жукова // Тези XVIII Всеукр. наук. конф. молодих вчених та студентів [«Наукові розробки молоді на сучасному етапі»], (Київ, 18-19 квітня 2019 р.) / М-во освіти і науки України, КНУТД. – К. : КНУТД, 2019.
3. Ладановська Д.О., Жукова В.С. «Вермикомпостування як метод утилізації осадів стічних вод» / Д.О. Ладановська, В.С. Жукова // Екологічна і техногенна безпека. Охорона водного і повітряного басейнів. Утилізація відходів (23-24 квітня 2019 р., м. Харків): Тези Міжнародна науково-технічна конференція– Х.: Харківський національний університет будівництва та архітектури – 2019 р.
4. Ладановська Д.О., Жукова В.С. «ДИФЕРЕНЦІАЦІЯ ЧЕРВ'ЯКІВ ВИДІВ *EISENIA FETIDA* ТА *EISENIA ANDREI*» / Д.О. Ладановська, В.С. Жукова // «Біотехнологія XXI століття»: матеріали XIV Всеукраїнської науковопрактичної конференції (Київ, 20 травня 2020) / Міністерство освіти і науки України, КПІ ім. Ігоря

Сікорського, Національна академія наук України, Інститут клітинної біології та генетичної інженерії – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, вид-во «Політехніка», 2021. – 148 с.

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4.Розроблення стартап-проекту	Ткаченко Т.П.		

9. Дата видачі завдання 01.09.2019

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Літературний пошук інформації	05.11.2019	Виконано
2.	Проектування лабораторної установки	10.12.2019	Виконано
3.	Розроблення стартап-проекту	20.12.2019	Виконано
4.	Молекулярно-біотехнологічний скринінг	11.03.2020	Виконано
5.	Заселення вермикюльтури, формування дослідних зразків	12.03.2020	Виконано
6.	Підживлення досліджуваних об'єктів 360 днів, відбирання проб	12.03.2021	Виконано
7.	Проведення аналізів та контролів	25.04.2021	Виконано
8.	Формулювання висновків та оформлення магістерської дисертації	10.05.2021	Виконано

Студент

(підпис)

Ладановська Д.О.

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Жукова В.С.

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 94 с., 18 рис., 56 табл., 33 посилання.

Проведено дослідження процесу вермикомпостування двома різними видами вермикультури – *Eisenia andrei* та *Eisenia fetida*, з використанням у якості субстрату різного співвідношення опалого листя та харчових побутових відходів, для отримання біодобрива. В роботі описано морфологічні відмінності видів, ідентифікацію їх, проведено порівняльний аналіз та визначено характеристики процесу вермикомпостування видами *E.fetida* та *E.andrei*, визначено оптимальні параметри проведення процесу. Обрано біологічні об'єкти для проведення дослідів, наведені вимоги до субстрату, запропоновано схему та спроектовано дослідну установку для проведення вермикомпостування. Реалізовано власне виробництво біодобрива відповідно до стартап проекту на основі результатів проведених досліджень. Вказані параметри та прилади для контролю етапів проведення дослідів, необхідні для забезпечення якості кінцевої продукції, охорони праці і довкілля.

ВЕРМИКОМПОСТУВАННЯ, ВЕРМИКУЛЬТУРА, ОПАЛЕ ЛИСТЯ,
ХАРЧОВІ ВІДХОДИ, БІОДОБРИВА, ВЕРМИКОПОСТЕР.

ABSTRACT

Explanatory note: 94 p., 18 figures, 56 tables, 33 references.

A study was conducted and scientific work was written on the process of vermicomposting by two different types of vermiculture - *Eisenia andrei* and *Eisenia fetida*, using as a substrate a different ratio of fallen leaves and food waste to obtain biofertilizer. The morphological differences of species, their identification are described, the comparative analysis is carried out and the characteristics of the process of vermicomposting by *E.fetida* and *E.andrei* species are determined, the optimal parameters of the process are determined. Biological objects for the experiment were selected, the requirements for the substrate were given, a scheme was proposed and the experimental facility for vermicomposting was optimized, own production was realized on the basis of scientific work. Parameters and devices for monitoring the stages of the experiment, necessary to ensure the quality of the final product, labor protection and the environment.

VERMICOMPOSTING, VERMICULTURE, LEAF LITTERS, FOOD WASTE, BIOFERTILIZER, SOIL, VERMICOMPOSTER.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	13
1.1. СУЧАСНІ БІОТЕХНОЛОГІЧНІ МЕТОДИ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ	13
1.2. ВЛАСТИВОСТІ БІОДОБРИВА ТА ЗАСТОСУВАННЯ ВЕРМИКОПОСТУВАННЯ	15
1.3. ХАРАКТЕРИСТИКА ВИДІВ, ПРИДАТНИХ ДЛЯ ВЕРМИКУЛЬТИВУВАННЯ	17
1.3.1. Морфологічні відмінності видів <i>Eisenia fetida</i> та <i>Eisenia andrei</i>	20
1.4. ОПТИМАЛЬНІ УМОВИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ВЕРМИКУЛЬТУРИ <i>EISENIA FETIDA</i> ТА <i>EISENIA ANDREI</i>	22
1.5. ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ВЕРМИКОПОСТУВАННЯ	24
1.6. ДОСЛІДЖЕННЯ СУБСТРАТІВ ДЛЯ ВЕРМИКОПОСТУВАННЯ	27
1.7. ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БІОДОБРІВ (БІОГУМУСУ)	28
1.8. ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПОВОДЖЕННЯ З ОПАЛИМ ЛИСТЯМ В УКРАЇНІ	30
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	32
2.1 МОЛЕКУЛЯРНО-БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ СПОСІБ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПРЕДСТАВНИКІВ ВЕРМИКУЛЬТУРИ.....	32
2.2. ПРОЕКТУВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ДОСЛІДНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПРОЦЕСУ ВЕРМИКОПОСТУВАННЯ	32
2.3. МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ ОТРИМАНОГО ВЕРМИКОПОСТУ	35
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ	42
3.1 МОЛЕКУЛЯРНО-БІОТЕХНОЛОГІЧНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ.....	42
3.2 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВЕРМИКОПОСТУВАННЯ	44
3.3 АНАЛІЗ ЯКОСТІ ОТРИМАНОГО ВЕРМИКОПОСТУ	46
3.3.1 Визначення гумусу.....	46
3.3.2 Метод визначення гумінових кислот	48
3.3.3 Визначення рН у водній витяжці компосту.....	53
3.3.4 Зольність субстратів.....	55
4. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ	62
4.1 РЕЗЮМЕ	62
4.2 АНАЛІЗ ЗОВНІШНЬОГО ТА ВНУТРІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩ СТАРТАПУ	67
4.2.1 Загрози і можливості зовнішнього середовища.....	67
4.2.2 Аналіз факторів зовнішнього оперативного середовища.....	68
4.2.3 Переваги і недоліки внутрішнього середовища.....	68

4.3	АНАЛІЗ ЗАЦІКАВЛЕНИХ СТОРІН	69
4.4.	ВИЗНАЧЕННЯ КЛЮЧОВИХ ФАКТОРІВ УСПІХУ ПРОЕКТУ МЕТОДОМ ШОНФІЛЬДА.....	71
4.5.	ВАРІАНТИ РОЗВИТКУ ІДЕЇ СТАРТАПУ	72
4.6.	КЛАСИФІКАЦІЯ ПОТЕНЦІЙНИХ СПОЖИВАЧІВ	73
4.7.	ОСНОВНІ ГРУПИ ПОТЕНЦІЙНИХ СПОЖИВАЧІВ І ЇХ ПОТРЕБИ	74
4.8.	ЗАПЛАНОВАНИЙ ОБСЯГ РЕАЛІЗАЦІЇ СТАРТАП-ПРОДУКТУ (ОДИНИЦЬ) ..	74
4.9.	ПРОЕКТНІ ЦІНИ ПРОДАЖУ ІДЕЇ, ТЕХНОЛОГІЇ, МЕТОДИКИ, ПРОГРАМИ. ..	74
4.10.	РОЗРАХУНОК ЦІНИ ІННОВАЦІЙНОЇ ПРОПОЗИЦІЇ.....	75
4.11.	КАЛЬКУЛЯЦІЯ СОБІВАРТОСТІ СТАРТАП-ПРОДУКТУ.....	76
4.12.	ЗАБЕЗПЕЧЕНІСТЬ ПРОЕКТУ ОБОРОТНИМИ ФОНДАМИ.....	76
4.13.	ЗАБЕЗПЕЧЕНІСТЬ ПРОЕКТУ ТРУДОВИМИ РЕСУРСАМИ	76
4.14.	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЕКТУ	77
4.15.	БІЗНЕС-МОДЕЛЬ ПРОЕКТУ	77
4.16.	КАРТА БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ ПРОЕКТУ	77
4.17.	СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ СТАРТАПУ.....	78
4.18.	РИЗИКИ ІННОВАЦІЙНОЇ РОЗРОБКИ	79
4.19.	ОЦІНКА РИЗИКІВ ТА ПЛАН ЗАХОДІВ З УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ	80
4.20.	МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ	81
РОЗДІЛ 5.	ОХОРОНА ПРАЦІ.....	82
5.1.	ВИЯВЛЕННЯ ТА АНАЛІЗ НЕБЕЗПЕЧНИХ І ШКІДЛИВИХ ФАКТОРІВ ВИРОБНИЦТВА В МІКРОБІОЛОГІЧНІЙ ЛАБОРАТОРІЇ. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	82
5.1.1.	<i>Повітря робочої зони</i>	82
5.1.2.	<i>Виробниче освітлення</i>	83
5.1.3.	<i>Пожежна безпека</i>	85
ВИСНОВКИ		87
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....		90

ВСТУП

Останнім часом у світі виникає немало екологічних задач, які для свого вирішення потребують інших альтернативних підходів, технологій, що були б безпечними для навколишнього середовища та здоров'я людей.

Більшість промислових підприємств у технологічних процесах виробництва продукції широко використовують природні ресурси та спричиняють утворення значної кількості газоподібних, рідких і твердих відходів. Крім того, немало процесів передбачають використання екологічно-шкідливих технологій, що потребують попереднього механічного подрібнення, високотемпературних хімічних каталізаторів, підвищених концентрацій реагентів, високого тиску та інших факторів активації процесів, а це у свою чергу завдає значної шкоди навколишньому середовищу.

Біотехнологічним процесам навпаки притаманні екологічно-безпечні умови технологічних режимів (невисокі температури, малий тиск, нейтральні середовища, висока швидкість реакцій при незначних концентраціях компонентів), тому вони найбільш наближені до природних процесів. Разом з тим, біотехнологія базується на принципах перетворення й переміщення у просторі матеріалів та енергії, а це властиво живим організмам, біологічним системам і природним комплексам, тобто біотехнологічні процеси відповідають законам екологічної рівноваги та стійкості екосистем [1].

Розуміння біорізноманіття та збереження життєво важливих біологічних об'єктів має вирішальне значення для підвищення загальної річної врожайності сільськогосподарських культур на обох типах земель, тобто родючих та посушливих. Цього можна досягти за допомогою широкого спектру вибірки таксонів дощових черв'яків у різних районах та їх ідентифікації за наявними таксономічними ключами. Однак присвоєння таксонів широкому колу видів дощових черв'яків (3700 описаних та 6000 передбачуваних видів) поширені в наземних, прісноводних та морських

екосистемах – є наймвірно складним завданням. Крім того, тварини, про яких йде мова, дуже схожі за своїм зовнішнім виглядом, вимагають недостатньо доступних експертів, їх ідентифікація потребує більшої праці, і їх важко визначити тим, хто не є експертом. Крім того, недорозвинення та недоступність морфологічних ознак у незрілих та пошкоджених зразків ускладнює ідентифікацію тварин. Це робить дослідження видового різноманіття більш складним.

Однак, хоча система ідентифікації, заснована на ДНК, в якій багато дослідників використовували різні молекулярні маркери для ідентифікації видів, видатний англійський вчений Джон Геберт запропонував використовувати частковий фрагмент субдиниці I мітохондріального цитохрому С оксидази I (COI), яка з'явилася нещодавно і набуває все більшого значення в більших масштабах. Вивчені види дощових черв'яків є космополітами і часто використовуються для торгівлі в комерційних масштабах і дуже схожі морфологічно, через що їх ідентифікація є складною.

Враховуючи вище сказане, метою даної магістерської дисертації є порівняння ефективності утилізації органічних відходів двома видами каліфорнійських черв'яків: *Eisenia fetida* та *Eisenia andrei*. Оскільки дане дослідження є продовженням наукової роботи, результати якої відображені в моїй дипломній роботі в 2019 році [2], метою також є покращити розроблену екологічно безпечну технологію отримання біодобрих, шляхом вермикомпостування відходів, та оптимізувати робочу площу, виготовлених вермикомпостерів.

Для досягнення цієї мети було встановлено наступні завдання:

1. Проаналізувати актуальні літературні джерела щодо видової відмінності каліфорнійських черв'яків *Eisenia andrei* та *Eisenia fetida*.
2. Оптимізувати конструкцію лабораторної установки – вермикомпостера, який буде використано для процесу вермикомпостування.

2. Провести процес вермикомпостування двома видами каліфорнійських черв'яків *Eisenia andrei* та *Eisenia fetida*, використовуючи визначені раціональні параметри процесу вермикомпостування: співвідношення C:N, вологість, температуру.

3. Встановити показники отриманого біогумусу від двох видів: вміст гумусу, , гумінових кислот, фульвокислот, зольність, рН водної витяжки.

Об'єктом дослідження є: побутові відходи, опале листя дерев, каліфорнійські дощові черв'яки *Eisenia fetida*, *Eisenia andrei* та біогумус.

Предмет дослідження: параметри процесу та ефективність утилізації побутових відходів, опалого листя дерев вермикомпостуванням, здійсненого двома видами *Eisenia fetida* та *Eisenia andrei*.

Методи досліджень: хімічні (визначення вмісту органічних речовин в перерахунку на вуглець, вміст гумінових речовин в перерахунку на гумінові кислоти), фізико-хімічні, математично-статистичні.

Наукова новизна: вперше було проведено два паралельні процеси вермикомпостування з використанням двох морфологічно відмінних видів: *Eisenia fetida* та *Eisenia andrei* у якості субстрату у різних співвідношеннях побутових відходів та опалого листя дерев міських екосистем, та зроблено висновки, що при використанні виду *Eisenia andrei* біодобриво набуває більших значень за показником гумус, за короткий час перебігу процесу, в порівнянні з видом *Eisenia fetida*. Різниця між двома видами, щодо кількості гумінових та фульвокислот, а саме те, що у *Eisenia fetida* вихід органічних кислот є більшим - пов'язано з особливістю будови кишкового тракту досліджуваного виду.

Практична цінність: отримані результати дослідження забезпечують запровадження технології переробки суміші побутових відходів та опалого листя дерев з отриманням біогумусу, з використання певного виду вермикультури.

За результатами досліджень опубліковано тези:

5. Ладановська Д.О., Жукова В.С. «Ефективність вермикомпостування осадів промислових стічних вод» / Д.О. Ладановська, В.С. Жукова // «Інноваційні матеріали та технології шкіряно-хутрового виробництва», Тези IV Міжнародного науково-практичного семінару (5 грудня 2018 р., м Київ) / М-во освіти і науки України, КНУТД. – К. : КНУТД, 2018.
6. Ладановська Д.О., Жукова В.С. «Ефективність вермикомпостування осадів шкіряного виробництва» / Д.О. Ладановська, В.С. Жукова // Тези XVIII Всеукр. наук. конф. молодих вчених та студентів [«Наукові розробки молоді на сучасному етапі»], (Київ, 18-19 квітня 2019 р.) / М-во освіти і науки України, КНУТД. – К. : КНУТД, 2019.
7. Ладановська Д.О., Жукова В.С. «Вермикомпостування як метод утилізації осадів стічних вод» / Д.О. Ладановська, В.С. Жукова // Екологічна і техногенна безпека. Охорона водного і повітряного басейнів. Утилізація відходів (23-24 квітня 2019 р., м. Харків): Тези Міжнародна науково-технічна конференція– Х.: Харківський національний університет будівництва та архітектури – 2019 р.
8. Ладановська Д.О., Жукова В.С. «ДИФЕРЕНЦІАЦІЯ ЧЕРВ'ЯКІВ ВИДІВ EISENIA FETIDA TA EISENIA ANDREI» / Д.О. Ладановська, В.С. Жукова // «Біотехнологія XXI століття»: матеріали XIV Всеукраїнської науковопрактичної конференції (Київ, 20 травня 2020) / Міністерство освіти і науки України, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Національна академія наук України, Інститут клітинної біології та генетичної інженерії – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, вид-во «Політехніка», 2021. – 148 с.

РОЗДІЛ 1. Огляд літератури

1.1. Сучасні біотехнологічні методи утилізації відходів

Щоденно в сучасному світі утворюються мільйони тонн твердих побутових відходів. Місцеві органи влади щодня надають розпорядження вивозити їх на на звалища, створюючи економічні та екологічні проблеми для людства загалом. Серйозною причиною, що викликає занепокоєння, є викиди парникових газів, метану (CH_4) та оксидів азоту (N_2O), які виникає внаслідок утилізації побутових відходів на полігонах, або з використанням традиційних систем захоронення. Відходи, що нагромаджуються як побічні продукти техногенезу, є чужими біосфері, що сприяє порушенню екологічної рівноваги агробіоценозів та призводить до зниження родючості ґрунту, забруднення повітря, води, ґрунтів, сільськогосподарської продукції, і у кінцевому результаті негативно впливає на здоров'я людини. Тому нині відбувається впровадження різноманітних альтернативних систем: біодинамічна, органічна, біологічна, органічно-біологічна. Вони спрямовані на мінімізацію негативного впливу на довкілля, завданого надмірною хімізацією аграрного виробництва, за збереження урожаю вирощуваних сільськогосподарських культур та отримання екологічно безпечної продукції. Під час застосування зазначених вище альтернативних систем землеробства велике значення відводиться органічним добривам, особливо компосту та вермикомпосту.

Складне економічне становище в Україні зумовлює необхідність розробки ефективних способів поетапного вирішення проблеми ТПВ та опалого листя дерев, на основі їх залучення в промислову переробку з мінімальними витратами, одночасним вирішенням питань ресурсозбереження, економічної вигоди та екологічної безпеки. Проблемним питанням залишається переробка органічної складової твердих побутових відходів, оскільки потрапляючи в навколишнє середовище, вони швидко

піддаються природним процесам біодеградації та несприятливо впливають на довкілля. Органічні відходи повинні розглядатися не як джерело забруднення навколишнього середовища, якого потрібно позбутися, розмістивши на звалищах або спалюючи в сміттєспалювальних установках, а як цінний ресурс, який можна перетворити на товарну продукцію, що забезпечує додатковий прибуток підприємству та створює нові робочі місця.

Новим напрямком високоефективного, природоохоронного перероблення відходів у компости є вермитехнологія. Досвід людства з використання черв'яків для компостування налічує тисячоліття. Ще у часи Древнього Єгипту їх використовували для обробки нанесеного Нілом мулу. В XIX ст. їх стали використовувати для утилізації відходів органічного походження (листіків, віток, кори, тирси, шкіри, кісток тощо), що описав Ч. Дарвін у монографії «Розклад плісняви овочів під дією дощових черв'яків» (1881 р.). Це система організаційно-технологічних заходів із застосуванням вермикультури – популяцій черв'яків разом із супутніми гетеротрофними організмами в конкретному органічному субстраті, а також оброблення й застосування копроліту та біомаси черв'яків у сільському господарстві. Вермитехнологія є прогресивним та перспективним напрямком ведення агровиробництва, що забезпечує підвищення продуктивності, екологічної стійкості і саморегуляційної здатності агроєкосистем. Тому її розглядають як ключовий елемент альтернативного землеробства. Перші розробки з культивування черв'яків в колишньому СРСР з'явилися в 1982 р. у Киргизії, в лабораторії екологічної фізіології безхребетних Інституту біохімії АН Киргизької РСР. Першим об'єктом стали черв'яки із природної популяції Чуйської долини. В 1985-1986 рр. у Володимирському державному педагогічному інституті групою студентів під керівництвом А.М. Ігоніна було одержано перші вітчизняні лінії черв'яків для промислової переробки органічних відходів.

Внаслідок перероблення органічних відходів масою дощових черв'яків та мікроорганізмами утворюється цінне органічне добриво – біогумус. Біогумус сприяє оздоровленню ґрунтів і підвищенню їх родючості.

Отримання біогумусу ґрунтується на здатності дощових черв'яків використовувати органічні рештки, трансформувати їх у кишечнику і виділяти у вигляді копролітів. Дощові черв'яки – найбільші представники безхребетних, які входять до складу ґрунтової макрофауни. Їх частка становить не менш як половини всієї біомаси ґрунту. Значення черв'яків у екосистемі ґрунту полягає у редукції об'єму органічних решток, які поступають у його верхній шар, їх мінералізація, концентрація мінеральних речовин у копролітах, що робить їх більш доступними для рослин [1].

1.2. Властивості біодобрива та застосування вермикомпостування

В результаті переробки органічних відходів дощовими черв'яками одержують субстрат, який найчастіше називають біогумусом або вермикомпостом. Він представляє собою матеріал, що пройшов через шлунок тварини та залишки вихідного субстрату.

Проходячи через шлунковий тракт черв'яків, рослинні рештки, органічні відходи, мінеральні речовини ґрунту подрібнюються, з ними відбуваються біохімічні трансформації: органічні полімерні сполуки розщеплюються на більш прості речовини, збагачуються сполуками калію, магнію, фосфору та ферментами (каталазою, уреазою, дегідрогеназою). При цьому відбувається нейтралізація кислот, що містилися у вихідному субстраті. В процесі перетравлювання рослинних решток у шлунку черв'яків зменшується вміст легко- та важкогідролізованих полісахаридів та лігніну. Одночасно проходять процеси поліконденсації низькомолекулярних продуктів розпаду органічних речовин, утворюються молекули гумінових кислот, що мають близьку до нейтральної реакцію. В результаті продукт життєдіяльності черв'яків –

копроліти (від грецького – *копрос* – послід, *літос* – камінь) представляє собою матеріал, збагачений біологічно активними сполуками, гуміновими речовинами, корисною мікрофлорою. Можна стверджувати, що за своїми фізико-хімічними властивостями біогумус близький до природного ґрунтового гумусу. Деякі їх види є типовими споживачами гумусу та віддають перевагу верхньому шару ґрунту (епігейні черви), інші проживають у середніх шарах, а кілька видів зустрічаються на глибині до 2 м. Види та популяції черв'яків, що зустрічаються у гноївці та негуміфікованих органічних субстратах, називають гумусоутворюючими. За вмістом гумусу вермикомпост переважає гній та компости в 4-10 разів. У копролітах черв'яків природних популяцій вміст гумусу сягає 11-15%, а культивованих – від 25 до 35% у перерахунку на суху речовину. Вартість біогумусу повинна корелювати із вмістом в ньому гумусу [3].

Як органо-мінеральне добриво біогумус має цінні фізичні властивості: високу вологоємність, вологостійкість, механічну міцність, сипучість, технологічність використання. Азоту в ньому в середньому в 5 разів, фосфору – в 7 разів, калію – в 11 разів більше, ніж у ґрунті, де живуть черв'яки.

Різноманітна мікрофлора (актиноміцети, бактерії-амоніфікатори, нітрифікатори, деструктори целюлози тощо), розчинні органічні та мінеральні фосфати, присутні в біогумусі, нормалізують розвиток, властивих здоровому ґрунту, мікробних асоціацій та забезпечує пригнічення патогенних мікроорганізмів, зокрема, сальмонел. Біогумус містить біологічно активні речовини – лумбрицини, що виробляються черв'яками, ауксини, гіберелліни та інші фітогормони. Біогумус не має канцерогенних, мутагенних або тератогенних властивостей.

Інша перевага біогумусу – відсутність неприємних запахів. У процесі переробки будь-які органічні відходи дезодоруються через кілька днів вермикомпостування та набувають запаху вологої землі.

Завдяки сукупності властивостей, біогумус прискорює проростання насіння, термін дозрівання плодів (на 10-15 діб), збільшує відсоток схожості насіння, завдяки чому зменшується їхня норма висіву, збільшує засухостійкість та морозостійкість рослин, стійкість до шкідників та хвороб, знижує стрес при пересаджуванні рослин, стимулює утворення кореневої системи.

Внесення у ґрунти вермикомпосту виключає ризик його перенасичення окремими видами поживних елементів, як це буває при внесенні високих доз гною та звичайних компостів. Біогумус добре поєднується із мінеральними добривами.

Типові норми внесення біогумусу під основні сільськогосподарські культури складають 4-10 т/га, на відміну від гною, якого потрібно щорічно вносити 30-40 т/га. Якщо 1 т підстилкового гною, внесеного у ґрунт, забезпечує у рік використання приріст врожаю зернових – 10-12 кг, картоплі – 100-120 кг, то 1 т біогумусу забезпечує прибавку врожаю зернових у 100-200 кг, картоплі – 1600-1800 кг, овочів – 2000 кг. Післядія внесення біогумусу відчувається протягом 5-7 років [3].

1.3. Характеристика видів, придатних для вермикультивування

Так як для польових умов характерна циклічність, непостійність та мінливість умов для росту черв'яків, задачі промислових методів вермикультивування – створення високопродуктивних та адаптованих до різних субстратів дощових черв'яків, підтримання оптимальних умов їх проживання в лабораторних та промислових культиваторах, що забезпечують максимальну швидкість росту та розмноження популяції. Вимоги до черв'яків наступні:

- висока здатність (по відношенню до природних умов) переробляти субстрат та забезпечувати високу швидкість його розкладання;

- швидкість адаптування до зміни складу субстрату;
- стійкість до захворювань.

Із всього різноманіття дощових черв'яків для вермикультури придатні тільки кілька видів:

- гнойовий (компостний) черв *Eisenia fetida* та червоний каліфорнійський черв *Eisenia andrei*;
- звичайний дощовий черв'як (або великий червоний виповзень) *Lambricus terrestris*;
- малий червоний черв'як (малий виповзень) *Lambricus rubellus*;
- кілька інших видів (*Dendrobaena* та ін.).

Найбільш широко використовується гнойовий (компостний) черв'як *E. fetida* та червоний каліфорнійський черв *Eisenia Andrei* – порівняно невеликий вид довжиною 6-10 см (*Eisenia fetida*) та 8-22 см (*Eisenia Andrei*). Він широко розповсюджений у світі, в тому числі в Україні. Забарвлення його сегментів червоне або червоно-коричневе, з більш світлими бороздками, які розділяють сегменти. У природних умовах кожна статевозріла особина *E. andrei* дає щотижня 1-2 кокони, із яких приблизно через 3 тижні виводиться від 2 до 20 ювенільних особин, із яких виживає в середньому 4. Показники для *E. andrei* дещо вищі. Через 3 місяці настає їх статеві зрілість. У середньому за рік 1 черв'як дає 200-400 особин потомства. Молоді особини при досягненні статевої зрілості мають масу до 0,5 г. Дорослі особини живуть 10-15 років, сягаючи в довжину до 8-10 см при масі до 1,0 г.

В 1969 р. в США в штаті Каліфорнія було виведено гібрид гнійного черв'яка *E. fetida*, що одержав назву червоного каліфорнійського черв'яка (*Eisenia fetida red hybrid of California*). Він характеризується високою інтенсивністю живлення та швидкістю утилізації субстратів – за сприятливих умов органічні відходи переробляються за 1-2 місяці; швидким статевим дозріванням (6-8 неділь), високим рівнем плодючості (відкладає до 10 коконів у неділю, в рік – до 70 коконів з врахуванням циклу розмноження), дає 4-5

поколінь за рік при високому коефіцієнті розмноження (1:1500 протягом року) та має велику тривалість життя (до 15-16 років). Максимального розміру особина червоного каліфорнійського черв'яка (ЧКЧ) сягає у семимісячному віці, коли її маса складає в середньому 2,4 г. Важлива особливість ЧКЧ – втрата інстинкту залишати місце проживання при несприятливих умовах середовища. Тому його можна культивувати в грядках під відкритим небом без ризику втратити популяцію. Він добре розмножується у неволі на відходах різного походження – всіх видах гною, соломі, макулатурі, опалому листі, побутовому смітті. Це найбільш розповсюджений культивований вид у світі, що застосовується для вермикомпостування відходів та отримання біодобрих.

Недоліком ЧКЧ є – його тропічне походження і, як наслідок, теплолюбність. Тому в умовах помірної кліматичної зони, характерної для України, його можна вирощувати в більшості випадках тільки у приміщеннях, теплицях. На жаль, часто ЧКЧ, якого рекламують та продають в Україні, насправді таким не являється. Загалом, тривалість всього процесу складає 2-3 роки. Крім того, внаслідок недотримання умов технології та правил санітарно-ветеринарного контролю, більшість дощових черв'яків місцевого походження уражено нематодами – круглими червами-паразитами, багато видів яких фітопатогенні для сільськогосподарських культур (картоплі, буряка, моркви тощо) та знижують їх врожайність. Боротьба з нематодами надзвичайно складна та малоефективна. Тому слід дуже зважено підходити до вибору маточного поголів'я ЧКЧ [3].

Культури *E. fetida* відносно невимогливі до живлення. Найкраще вони розмножуються на органічних субстратах, які попередньо пройшли мікробіологічне компостування. Деякі лінії можуть успішно розмножуватися на субстратах, що містять свіжий гній великої рогатої худоби, коней, свиней, птиці, а також сапропель, осад стічних вод. При вирощуванні на відходах за оптимальних умов (температура субстрату 22°C, вологість 75 %, рН 7,0) цикл

розвитку черв'яків триває 160 діб. Протягом року вони проходять два цикли розмноження та збільшують свою чисельність більш ніж у 1000 разів.

1.3.1. Морфологічні відмінності видів *Eisenia fetida* та *Eisenia andrei*

Важливість систематики чітко визнається більшістю вчених, і без надійної систематики екологічні дослідження не мають значення. У випадку каліфорнійських дощових черв'яків таксономічна ідентифікація часто є складною через відсутність стабільних та простих в обробці діагностичних ознак [4].

Близькоспоріднені види *Eisenia fetida* та *Eisenia andrei* (*Oligochaeta, Lumbricidae*) - найчастіше використовуються для поводження з органічними відходами, а також в екотоксикології, фізіології та генетичних дослідженнях, головним чином тому, що вони є поширеними у всьому світі, їх життєві цикли короткі, вони мають широкий діапазон переносимості температури та вологості [4]. Вперше вони були описані як різні морфотипи *E. fetida* відповідно до відмінностей у пігментації тіла [5, 6] надав їм суб-специфічний статус, назвавши їх *E. foetida foetida* та *E. foetida unicolour*. Хоча зараз багато авторів сприймають *E. foetida* та *E. andrei* як різні види, більшість літературних джерел минулого століття як і деякі сучасні джерела позначають ці види спільно як *E. fetida* або *E. foetida* [7].

E. fetida відповідає смугастій морфі, при цьому область навколо міжсегментарного жолобка не має пігментації і виглядає блідою або жовтою; отже, загальні назви дощового черв'яка «тигровий черв'як», «тигр»; тоді як *E. andrei*, звичайний «червоний» черв'як (Рис. 1.3.1). Окрім відмінностей у пігментації, ці два види морфологічно подібні [8] та їх вимоги загалом репродуктивні показники та життєві цикли суттєво не відрізняються, хоча швидкість росту та вироблення коконів вищі у *E. andrei* [8] знайдено важливі біохімічні відмінності між обома видами, і вони припустили, що *E. andrei* міг

походити від *E. fetida* через втрату деяких алелів. Виправлені алельні відмінності існують у манозофосфат-ізомерази (Mpi) [9], локуси фосфоглюкомутази (Pgm) та локус аланіламінопептидази (Aap). Крім того, *E. fetida* є поліморфним при локусі глюкозофосфат-ізомерази (Gpi), тоді як *E. andrei* мономорфний показали що *E. andrei* та *E. fetida* мають специфічні флуоресцентні відбитки тіла і підтверджують, що два види не метаболізують однакові типи молекул.

Життєві цикли *E. fetida* та *E. andrei* та їх популяційна біологія досліджувались кількома авторами і певні морфологічні особливості в літературі було підсумовані у 2004 році. Проблема таксономічного статусу комплексу *E. fetida* / *andrei* залишається невирішеною, крім того, у більшості сучасних літературних джерел обидва види називаються без розбору як *E. fetida*, і незрозуміло, до якого з цих двох видів відноситься особина. Так, наприклад, *E. foetida* є рекомендованим видом у стандартних біологічних дослідженнях на токсичність [11] і в цих дослідженнях можна знайти наступну інформацію (переклад з англійської): «*Eisenia foetida* існує у двох підвидах, які деякі таксономісти розділили на види [6]. Вони морфологічно подібні, але *Eisenia foetida foetida*, зазвичай має поперечну смугастість або смужку на сегментах, а *Eisenia foetida andrei*, не має цього і має строкатий червонуватий колір. По можливості слід використовувати *Eisenia foetida andrei*».

Два види є синтопічними, зазвичай мешкають у змішаних колоніях на відвалах та компості, тому гібридизація може бути можливою. Гібридизація між популяціями або видами може негативно позначитися на придатності та сильно вплинути на динаміку популяції в змішаних колоніях. У цьому випадку можна очікувати репродуктивної ізоляції, яка може бути презиготичною, тобто через репродуктивну невідповідність або постзиготичну, тобто призводить до зниження життєздатності гібридного нащадка.

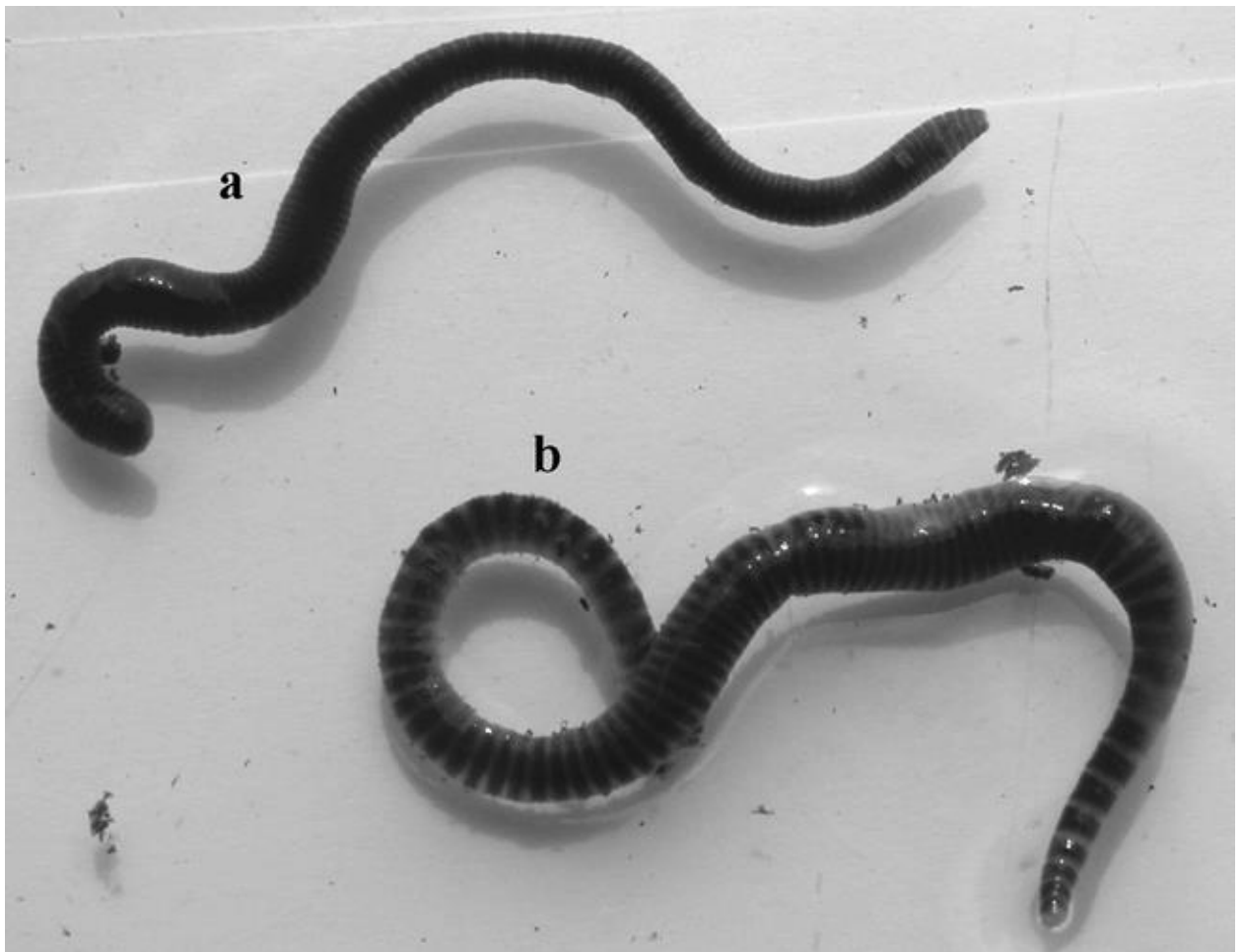


Рис. 1.3.1. а – *Eisenia fetida*, б – *Eisenia andrei*

1.4. Оптимальні умови життєдіяльності вермикюльтури *Eisenia fetida* та *Eisenia andrei*

Живлення. Дощові черви потребують перш за все азотовмісної органічної речовини, запаси якої у ґрунті обмежені. Тому звичайно найбільша щільність, темпи індивідуального росту та плодючість черв'яків спостерігається у місцях локалізації органічного субстрату, багатого на азот (на пасовищах, поблизу місць складування екскрементів травоядних тварин тощо). Азот, що міститься у ґрунтовій мікрофлорі та мікрофауні, яку поглинають та перетравлюють черв'яки, засвоюється ними майже повністю.

Встановлено експериментально, що оптимальне співвідношення C:N в органічному субстраті повинно бути близьким до 20:1 [12].

Крім азотовмісних речовин, перероблювані органічні матеріали повинні містити вуглеводи, мінеральні речовини, вітаміни, а також клітковину та інші сполуки, відсутність яких утруднює травлення. Субстрат також повинен містити мінеральній інертний наповнювач, пісок чи ґрунт.

Вологість. Оптимальною величиною вологості органічного субстрату вважають 60-80 %. Після дощів, коли у ґрунті багато води, дощові черв'яки виходять на поверхню. У випадку прогресуючого підсихання спостерігається переміщення черв'яків у більш вологі зони. Якщо вміст води у ґрунті тривалий період нижчий за 30-35 %, чисельність черв'яків знижується, хоча вони можуть втратити без шкоди 50-60 % води від маси тіла. При вологості ґрунту 22 % черв'яки гинуть протягом тижня. При вирощуванні дощових черв'яків в лабораторних умовах їхня максимальна маса та плодючість досягається при вологості субстрату 70-85 %, бо ця величина близька до вмісту води у тілі дощового черв'яка.

Температура і рН. Температура +15-25°C та рН середовища проживання 7,0-7,6 оптимальні для розмноження дощових черв'яків. Для виду *Eisenia andrei* температура повинна бути вищою на 2-3°C, тобто +17-27°C

На полях без рослинності та живлення *Eisenia andrei* гине при температурі, близькій до 5°C. *Eisenia fetida* виживає при температурі близькій до нуля. Від холоду та високих температур черв'яки рятуються, мігруючи до більш глибоких горизонтів ґрунту. Вони не витримують показників рН нижче 5,0 та вище 9,0. У помірних широтах у теплий період року активність каліфорнійських черв'яків може тривати до семи місяців, у зимовий період вони впадають в сплячку.

Освітленість. Багато видів черв'яків бояться світла та ультрафіолетових променів. Тому зона їх проживання не повинна освітлюватися ні природними, ні штучними джерелами світла.

Аерація та продукти гниття. Види черв'яків, придатних для вермикомпостування, у природних умовах проживають переважно у поверхневому шарі ґрунту, що добре аерується. Вони надзвичайно чутливі до виділення газів, що утворюються у процесі гниття: аміаку, сірководню, метану. Допустимий рівень вмісту аміаку – не більше 0,5 мг/кг субстрату, при більш високому вмісті черв'яки гинуть.

Щільність популяції. На розмноження черв'яків негативно впливає перенаселеність перероблюваного субстрату, тварини при цьому відчують стрес. Тому потрібно ретельно контролювати цей фактор.

1.5. Особливості процесу вермикомпостування

Субстрат та основну частину біодобрива отримують з декількох компонентів: конвертованої частини та наповнювача - структуроутворювача. Як біоконвертовану частину використовують органічні відходи різного походження, в якості матеріалу для наповнення - ґрунт, пісок, гравій, тощо.

Існує багато методів підготування компосту, але основні принципи однакові. Їх сформулював в 20-х роках XX ст. сер Альберт Говард, батько «органічного землеробства». Розкладення у компостному бурті відбувається тим краще і повніше, чим більш різноманітні укладені шарами органічні матеріали. Якщо використати один вид органічних відходів, процес компостування просто не розпочнеться. Рекомендовано поєднувати багаті вуглецем рослинні рештки з багатим азотом матеріалами – наприклад, гноєм ВРХ, свиней, пташиного посліду. Однак свіжий гній непридатний внаслідок високих концентрацій аміаку та хлоридів. Можна додати небагато вже готового біогумусу чи родючого ґрунту, що містять потрібні для початку компостування мікроорганізми. Для досягнення кращої структури і водостійкості структурних агрегатів вермикомпостів найбільш доцільно використовувати ґрунт, ніж пісок або гравій. Найкращим співвідношенням

складових субстрату, що забезпечує максимальне накопичення органічної речовини є співвідношення, рівне 65%:35% за масою.

Не рекомендується використовувати для компостів бур'яни з насінням, рештки картопляних стебел, хворих фітофторозом, а також решки овочів, заражених грибними хворобами. Інакше компост стане розплідником цих захворювань, так як їх спори збудників цих хвороб зберігають свою активність. А от збудники вірусних та бактеріальних хвороб гинуть при компостуванні, тому заражені ними органічні відходи використовувати для компостування можна [13].

Технологія вермикомпостування заснована на харчовій активності дощових черв'яків. Захоплюючи і змішуючи в процесі харчування органічні залишки з мінеральними частинками ґрунту, переварюючи їх і збагачуючи власною мікрофлорою, ферментами, біологічно активними речовинами, дощові черв'яки виробляють копроліти (копрос - випорожнення, літос - камінь) з високим вмістом гумусу, мікро- і макроелементів. У кишечнику дощових черв'яків відбуваються часткова мінералізація і гуміфікація органічного матеріалу, з'єднання аміаку з лігніном, зміна мінералогічного і гранулометричного складу, формування гумусових речовин і модифікація мікробоценозів субстратів, які конвертуються [14].

Під час риття ходів за добу черв'як пропускає через себе кількість ґрунту (відходів), що дорівнює його масі. Таким чином, при щільності популяції 500000 тис. особин на 1 га за добу вона пропускає через себе 0,25 т землі (відходів). При активній діяльності в році близько 200 днів загальна кількість переробленої маси складе 400-600 т / га. При переробці маси ґрунту черв'яки не тільки інтенсифікують процеси розкладання органіки, а й вибірково впливають на мікрофлору. Виділені ними антибіотики негативно впливають на патогенну мікрофлору.

Органічна маса, в якій мешкають дощові черв'яки, втрачає неприємний запах розкладання відходів, знезаражується, стає гранульованою і

грудкуватою, що дуже важливо для обробки рослин і набуває приємний запах землі [2].

Вермикультура трансформує відходи в високоефективне біодобриво (біогумус) в формі агрегатів розміром 1-5-10 мм, з хорошою структурою і водостійкістю структурних агрегатів, з підвищеним вмістом гумусу (14-20%) обмінного калію, рухомого фосфору, кальцію, з пролонгованою дією при внесенні в ґрунт. В процесі вермикомпостування спостерігається зміна гранулометричного складу субстрату. Зменшується частка пилюватої фракції (менше 0,25 мм), збільшується маса агрономічно-цінних агрегатів розміром 0,25-7 мм. При цьому максимальної маси досягає фракція 2 мм, до складу якої входять копроліти дощових черв'яків. Ступінь збільшення цієї фракції залежить від походження і складу органічної частини вихідного субстрату. При цьому збільшується водостійкість агрегатів, сума яких також підвищується зі зростанням частини, яка конвертується в складі субстрату [15].

Правильно підготований та добре утеплений восени вермикомпост продовжує дозрівати і взимку, а ранньою весною вже може бути використаний для закладки вермикультури. В цілому швидкість дозрівання вермикомпосту залежить від сезону, а також від інтенсивності перемішування бурта та фізіологічної активності ЧКЧ. Основний критерій зрілості вермикомпосту – відсутність запаху аміаку.

Метод утилізації органічних відходів за допомогою черв'яків актуальний тим, що в ньому не застосовуються хімічні реагенти, відповідно не постає необхідність в додаткових технологічних прийомах і переробці побічних продуктів. Окрім того, в процесі переробки відходів дощовими черв'яками виключено забруднення навколишнього середовища.

Досить великі теоретичні розробки по вермикомпостування органічних відходів і успішний практичний досвід дозволили сформулювати загальні методичні підходи та вимоги до організації вермикомпостування в

промислових масштабах. У загальному вигляді ці вимоги зводяться до наступного: використання дощових черв'яків в процесах переробки органічних відходів в промислових масштабах можливе за умови створення для них оптимальних умов, які відповідають біологічним потребам виду. До основних факторів, що визначають не просто виживання черв'яків, а й стимулюють їх життєдіяльність, відносяться: якість вихідного субстрату, температура, аерація, загальна вологість субстрату.

Актуальними є проведення досліджень з переробки органічних відходів за допомогою вермикультури з метою отримання необхідної інформації по підбору технологій, визначення параметрів ведення процесу, оптимізації кількісного виходу біогумусу і досягнення його заданої якості [16,17].

1.6. Дослідження субстратів для вермикомпостування

Каліфорнійські черв'яки використовують широкий спектр органічних матеріалів, в тому числі і харчових продуктів, для підтримання нормальної життєдіяльності. Вид і кількість споживаної їжі впливає не тільки на розмір популяції дощових черв'яків, а також на їх швидкість росту і плодючість. Найбільш сприятливі умови для життєдіяльності і розмноження дощових черв'яків створюються при використанні відходів приблизно з вмістом целюлози 20%. Тому рекомендується в тваринницькі відходи додавати солому, тирсу, кору та інші целюлозні залишки. В природних умовах деградація відходів триває кілька років. Крім того, субстрати повинні містити невелику кількість мінерального ґрунту, яка виконує механічну функцію при перетирання в кишечнику дощових черв'яків і необхідна для кращого травлення [18].

Дослідження впливу складу субстрату на вихід компосту та біомаси черв'яків проводили протягом 2009-2011 рр. на дослідному полі навчально-науково-виробничого відділу Уманського національного університету садівництва. Проводили дослідження із використанням різних субстратів як

харчової бази гнойового черв'яка. За основу було взято яблуневу вичавку в поєднанні із різними компонентами (земля, солома, кролячий гній) та рівнями їх насичення в сумішах. Хоча селекційна робота з одержання промислових ліній черв'яків має значні успіхи з адаптації їх до різної сировини, такі відходи як свіжий гній (коров'ячий, свинячий) та послід птиці звичайно важко піддається вермикомпостуванню внаслідок високої концентрації в них аміаку, сечової кислоти, сечовини, які токсичні для черв'яків. Для отримання якісного корму для черв'яків дотримувались таких показників вихідного органічного субстрату: вологість 70-80 %, рН 6,8-7,2, відсутність твердих часток – металу, дерева, каміння тощо [19].

На відміну від гною, за виключенням випадків, коли вермикомпост одержують із субстратів з високим вмістом забруднень, не існує санітарно-гігієнічних та екологічних обмежень на норми їх внесення у ґрунти – чим більше вноситься біогумусу, тим краще і вище врожайність культур.

Біомаса черв'яків здатна виробити із 1 м³ органічних решток від 0,71 до 1,2 т вермикомпосту. Маса отриманого вермикомпосту залежить від вихідного субстрату. Оптимальним субстратом для цього є вичавки із плодів яблук (50 %) + кролячий гній (40 %) + солома (10 %), що забезпечує найвищий показник виходу вермикомпосту [19].

1.7. Характеристика основних властивостей біодобрих (біогумусу)

У процесі перетравлення органічних відходів у кишечнику черв'яків формуються гумусові речовини. Вони відрізняються за хімічним складом від гумусу, який утворюється у ґрунті за участю тільки мікрофлори, тому що в кишечнику черв'яків відбуваються процеси полімеризації продуктів розпаду органічних речовин і формуються молекули гумінових кислот, які утворюють комплексні сполуки з мінеральними компонентами, що довго зберігаються у вигляді стійких сполук. Тільки черв'яки, на відміну від інших біологічних об'єктів ґрунту, мають таку специфічну особливість, як здатність до

меліорування й структурування ґрунтів. Перероблений за добу черв'яками ґрунт у копроліти дорівнює масі їхнього тіла. Концентрація гумусових речовин у копролітах черв'яків у 4-8 рази вища, ніж у гнойовій біомасі.

Природні органічні сполуки – гумінові кислоти – утворюються в процесі гуміфікації продуктів тваринного, рослинного і мікробного походження. Основна їх частина стійка до біохімічного розщеплення, тому вони накопичуються в ґрунті, торфах, бурому і вивіреному вугіллі, сапропелях. В середньому на кожний квадратний кілометр поверхні землі щорічно надходить 33-168 т гумусових кислот. Речовини гумусової природи стійкі до біохімічної і термодинамічної деструкції. Поряд з гуміфікацією в ґрунтах йде процес мінералізації. Їх активність залежить від ґрунтово-кліматичних умов. В жаркому і вологому кліматі процес окиснення проходить дуже швидко і майже весь рослинний опад мінералізується. У холодному кліматі трансформація опадів сповільнюється і вміст гумусу в ґрунті низький. Оптимальні умови для гуміфікації і збереження гумусу в ґрунтах створюються в помірному кліматі без перезволоження [20].

По елементного складу, розчинності і діапазону молекулярних мас виділяють розчинні фульвокислоти і гумінові кислоти, розчинні тільки в лужних розчинах. Тому міграційна здатність елементів в результаті комплексоутворення з фульвокислотами різко зростає. Гумінові кислоти, розчинні тільки в сильних лужних розчинах, поведуть себе в природних системах як комплексоутворюючі сорбенти, утримуючи і концентруючи елементи в ґрунтах, донних відкладеннях, вуглецевих породах. Гумінові кислоти виступають як ефективний геохімічний бар'єр, що обмежує рухливість іонів металів. У ґрунтах на частку специфічних органічних речовин: гумінових кислот, фульвокислот, гуміну доводиться 85-90%, на частку неспецифічних органічних речовин (лігнін, вуглеводи, целюлоза, протеїн, жири, смоли, бітуми, віск) - 10-15%.

Одним із шляхів зменшення хімічного навантаження на агроценози є застосування гумінових добрив природного походження. Ці речовини здатні підвищувати стійкість рослин до різних несприятливих факторів зовнішнього середовища (заморозків, засух, дії пестицидів), відновлювати родючість ґрунту, підвищувати врожайність культур, покращувати харчову цінність продукції та її екологічну чистоту, знижувати витрати на одержання врожаю, підвищуючи рентабельність сільськогосподарського виробництва [21].

Дощові черв'яки також добре досліджено з точки зору їхнього мікроелементного складу та акумуляції елементів-токсикантів в їхній біомасі [22]. При потраплянні черв'яків у середовище, вони достатньо легко акумулюють їх у своїх тілах. Наприклад, концентрація марганцю в *L. terrestris* навіть на непорушених заповідних територіях може коливатися залежно від місця збору від 68 до 127 мг/кг сухої маси, міді – від 50 до 69, цинку – від 172 до 320, молібдену – від 1,5 до 3,1, кобальту – від 5,8 до 6,2 мг/кг сухої маси. Вміст заліза в біомасі дощових черв'яків коливається від 200 мг/кг до 1450 мг/кг у *E. fetida* [23]. Забруднення різко збільшує концентрацію важких металів у тілах черв'яків на порядок, а інколи і на кілька порядків. В першу чергу це стосується свинцю та кадмію. Органічні забруднювачі також інтенсивно акумулюються в організмах дощових черв'яків [21-23].

1.8. Екологічні аспекти поводження з опалим листям в Україні

З досвіду фахівців біотехнології відомо, що органічна речовина, яка підлягає вермикультивуванню, повинна містити легкозасвоювані вуглеводи та клітковину у кількості не менше 20 – 25%. Опале листя містять значну кількість біополімерів, зокрема вуглеводів (клітковину, легкозброджуючі вуглеводні, крохмаль та інших біологічно активних речовин), які можуть служити поживним середовищем [20].

Одним із напрямків роботи щодо утилізації опалого листя є використання його як складової частини субстрату для вермикультивування, оскільки воно являється придатним середовищем для вермикультур, через високий вміст вуглецю.

З позицій екологічного підходу місто слід розглядати як складну систему (урбоєкосистем), що характеризується інтенсивними потоками речовини та енергії в просторі та часі, а опале листя, в такому контексті, слід розглядати як один з етапів і елементів кругообігу хімічних речовин (в основному, - вуглецю) в умовах міського середовища. Однак сучасне місто формується і розвивається в умовах інтенсивного антропогенного навантаження на природні компоненти урбоєкосистеми, в зв'язку з чим, листяні дерева, які виростили в умовах значного забруднення атмосферного повітря, в силу своїх сорбційних властивостей, є універсальними поглиначами цілого ряду забруднюючих речовин (ЗР) (наприклад, важких металів), що ускладнює вибір схеми поводження з опалим листям. Екологічно важливої (і практично не вирішеною в Україні) є проблема утилізації листя, що опало з дерев в міських парках, бур'янів тощо. Природні процеси розкладання біомаси листя уповільнені і складають, в залежності від вологості середовища, більше двох років. Утилізація рослинної біомаси в сміттєнакопичувачах вимагає значних витрат, а спалювання такої сировини призводить до забруднення атмосфери і заборонено чинним законодавством [24]. На даному етапі в Україні реалізується наступна схема поводження з опалим листям: під керівництвом місцевих структур ЖКГ, в осінній період, проводиться збір листя і, в найбільш оптимістичному варіанті, вивезення на полігони ТПВ; при найгіршому сценарії, в деяких віддалених районах великих міст збір опалого листя не проводиться взагалі.

РОЗДІЛ 2. Матеріали та методи досліджень

2.1 Молекулярно-біотехнологічний спосіб ідентифікації представників вермикультури

Ідентифікація та диференціація морфологічно подібних видів – це значний виклик для таксономістів через високу ступінь подібності у їх зовнішньому вигляді, що робить таксономічне дослідження дуже складним.

Така проблема частіше зустрічається у безхребетних ґрунтових тварин, таких як черв'яки *Eisenia fetida* та *Eisenia andrei*, оскільки їх ідентифікація вимагає спостереження за морфологічними ознаками, що неможливо робити візуально. У літературних джерелах XX та XXI-го ст. вищезгадані види черв'яків помилково вважають одним видом та наразі лише мала кількість дослідників вважає за потрібне диференціювати види *Eisenia fetida* та *Eisenia andrei*, які відіграють значну роль в процесі утилізації органічних відходів в еко-системах.

Необхідно оцінити корисність гена субодиниці I (COI) мітохондріального цитохрому с-оксидази, як молекулярного маркера для того, щоб ідентифікувати та диференціювати види *Eisenia fetida* та *Eisenia andrei*.

2.2. Проектування та оптимізація дослідної установки для проведення процесу вермикомпостування

Для проведення дослідів було спроектовано шість вермикомпостерів. Матеріал виготовлення – поліпропілен. Верхня частина складається з накривної кришки. Середня частина складається з двох вермикомпостерів – 1 робочий відсік, де відбувається процес вермикомпостування, 2 – тримач для робочого відсіку, послідовно розташованих один за одним, які входять на 100 мм у внутрішню частину кожної наступної ємності. Висота всієї установки

складає 400 мм ширина 350 мм, довжина 200 мм. Кожен вермикомпостер має отвори у своєму піддоні діаметром 12 мм, розташовані в шаховому порядку по всьому периметру ємності. Нижня частина лабораторної установки складається з піддону, призначеного для збору вермичаю (фільтрату з вермикомпосту) та біогумусу. Ємність легко знімається, що дозволяє отримати дослідні зразки та готовий біогумус без додаткового втручання в процес вермикомпостування (рис 2.2).

До вермикомпостеру № 1, 4 було внесено: ґрунт універсальний (1,75 л). Дослідні зразки взяті з даного вермикопостеру являються холостою пробою – контролем. Відповідають значенням – зразок №1.

До вермикомпостеру № 2, 5 було внесено: ґрунт універсальний (1,75 л), тверді харчові побутові відходи та попередньо вимочений подрібнений листовий опад, у співвідношенні 11:1:2 (2200 г ґрунту, 200 г харчових відходів, 400 г опалого листя). Дослідні зразки взяті з даного вермикопостеру відповідають значенням – зразок №2. Співвідношення C:N, як 17:1.

До вермикомпостеру № 3, 6 було внесено: ґрунт універсальний (1,75 л), тверді харчові побутові відходи та попередньо попередньо вимочений подрібнений листовий опад, у співвідношенні 11:2:1 (2200 г ґрунту, 400 г харчових відходів, 200 г опалого листя). Співвідношення C:N, як 21:1. Дослідні зразки взяті з даного вермикопостеру відповідають значенням – зразок №3.



Рис.2.2. Зовнішній вигляд спроектованої установки

2.3. Методи визначення якості отриманого вермикомпосту

Визначення вмісту гумінових кислот

Визначення вмісту гумінових кислот, базується на ГОСТ 9517—76 (СТ СЭВ 4787—84). Тому, нами було проведено наступні дії:

1. *Екстракція гумінових кислот*

Наважку проби дослідного субстрату поміщають в конічну колбу місткістю 250 см³, доливають 50 см³ лужного розчину пірофосфорнокислого натрію і перемішують за допомогою шейкера протягом 1 год. Розчин декантують, нерозчинний залишок промивають 1%-им розчином гідроксиду натрію.

2. *Осадження гумінових кислот*

Загальний екстракт фільтруємо і вимірюємо об'єм отриманого фільтрату. Після цього з фільтрату піпеткою відбирають 25 см³ розчину, відбирають в хімічний стакан і додають 30 см³ розчину соляної кислоти для осадження гумінових кислот. Отриманий осад гумінових кислот відділяємо від розчину фільтруванням і промиваємо його водою в наслідок декантації, повторюючи промивку до початку пептизації гумінових кислот, що визначається по появі жовтуватого забарвлення. Для додаткового осадження гумінових кислот в колоїдний розчин додаємо 5 см³ розчину соляної кислоти.

3. *Сушіння зразка*

Загальний осад фільтруємо через попередньо зважений беззольний фільтр і поміщаємо в бюкс, попередньо висушений при 80° С і зважений. Потім бюкс з фільтром та залишком поміщаємо до сушильної шафи при температурі 80°С сушать до постійної маси. Контрольне просушування проводимо до тих пір, доки різниця маси при двох наступних зважуваннях не буде перевищувати 0,001 г. Висушений осад з фільтром переносимо в

попередньо зважений до постійної маси тигель. Тигель поміщаємо в муфельну піч і озолюють при температурі $(600 \pm 15)^\circ\text{C}$ протягом 1-2 годин. Після озолення тигель виймаємо з печі, охолоджуємо на повітрі до кімнатної температури і потім зважуємо. Контрольне прокалювання проводимо при тій же температурі протягом 15 хв до тих пір, поки різниця мас при двох послідовних зважуваннях не буде перевищувати 0,001 г.

Загальний вихід гумінових кислот обчислюють за формулою:

$$ГК = \frac{(m_1 - m_2) \cdot V \cdot 100}{V_1 \cdot m_3},$$

де m_1 - маса висушених гумінових кислот, г;

m_2 - маса зольного залишку гумінових кислот, г;

V - загальний об'єм лужного розчину, см^3 ;

V_1 - об'єм відібраного лужного розчину см^3 ;

m_3 - маса наважки в перерахунку на беззольний стан, г, що вираховується по формулі:

$$m_3 = m_4 \cdot \frac{100 - A}{100},$$

де m_4 - маса наважки, г;

A - зольність у відсотках від маси абсолютно сухого вермикомпосту, %.

Визначення гумусу методом І.В.Тюріна в модифікації В.Н.Сімакова

Визначення вмісту гумусу базується на ДСТУ Б В.2.1-16:2009. Методи лабораторного визначення вмісту органічних речовин у ґрунті. Національний стандарт України.

Органічну речовину окиснюють двохромовокислим калієм у сильно кислому середовищі до утворення вуглекислоти, потім титруванням виділяють надлишок двохромовокислого калію розчином солі Мора та визначають вміст органічного вуглецю в ґрунті за різницею об'ємів солі Мора, витрачених на титрування двохромовокислого калію в досліді без ґрунту та у досліді з ґрунтом.

Невитрачений на окиснення залишок хромової суміші відтитровують сіллю Мора. По різниці між результатами холостого визначення та результатами, отриманими для наважки ґрунту, визначають кількість гумусу в ґрунті. Таким методом можна визначити вміст гумусу до 10 %. Тому для проведення досліду з компостом його розводять прокаленим піском в 4 рази.

Приготування розчинів біхромату калію, солі Мора і фенілантранілової к-ти:

Розчин $K_2Cr_2O_7$ в розведеній сірчаній кислоті Беруть 40 г тонко подрібненого в фарфоровій ступці кристалічного $K_2Cr_2O_7$ розчиняють приблизно в 500-600 мл дистильованої води (можна підігріти для кращого розчинення), профільтрувати. Довести об'єм дистильованою водою до 1 л. Розчин переливають у велику терmostійку колбу і туди доливають невеликими порціями (приблизно по 100 мл) 1 л H_2SO_4 , обережно перемішуючи (розчин гріється). Розчин закривають і залишають стояти добу до повного вистигання.

Сіль Мора 0,2 н розчин - 80 г солі Мора насипати в терmostійку (відбувається екзотермічна реакція) колбу, об'ємом 1 л, додати 1 н розчин сірчаної кислоти на 2/3 колби, профільтрувати, після цього довести об'єм до мітки 1 л дистильованою водою і добре перемішати.

Робочий розчин фенілантранілової кислоти – підготувати 0,2 % розчин соди. Розчинити 0,2 г фенілантранілової кислоти в 100 мл розчину соди (спочатку до кислоти додають кілька краплин розчину соди, розтирають паличкою до кашоподібного стану і далі доливають розчин перемішуючи). Розчин фенілантранілової кислоти може зберігатися тривалий час (декілька місяців в холодильнику).

Хід визначення: підготувати ґрунт, компост – висушити до повітряно-сухого стану, видалити всі органічні включення – корінці, листки, розтерти і просіяти через сито з отворами 0,25 мм.

1. Змішати сухий компост з попередньо прокаленим за 800⁰С піском у співвідношенні 1:3. Взяти наважки 0,1 г повітряно-сухого компосту та 0,3 г піску. Суміш старанно перемішують

2. Взяти наважку отриманої суміші 0,05 г та кладуть у суху конічну колбу на 100 мл.

3. Приливають у колбу 10 мл 0,4н розчину K₂Cr₂O₇ у сірчаній кислоті (хромова суміш).

4. Колбу закривають пробкою-холодильником та ставлять на електричну плиту. По мірі нагрівання з рідини виділяються бульбашки CO₂, після цього розчин закипає. Кипіння повинно бути слабким та продовжуватися не більше 5 хвилин.

При кип'ятінні забарвлення розчину повинно змінюватися від жовтогарячого до бурувато-коричневого. Якщо з'являється зелене забарвлення, це говорить про повну витрату хромової кислоти та можливу нестачу її на окислення гумусу. Дослід слід повторити, зменшивши наважку ґрунту.

5. Після кипіння колбі дають охолонути. З дистильованою водою обливають пробку та горло колби, доводячи об'єм у ній до 30-40 мл. Додають 4 краплі індикатора - фенілантранілової кислоти і титрують 0,2 н розчином солі Мора до переходу червоно-бурого забарвлення через фіолетове в прозоро-зелене. Після забарвлення розчину у фіолетово-сірий колір титрування треба вести по одній краплині, ретельно розмішуючи суміш.

6. Встановлюють скільки солі Мора йде на титрування 10 мл K₂Cr₂O₇ - холосте визначення (роблять все у тій же послідовності, тільки без наважки ґрунту, насипаючи заміст неї добре прокалений пісок (при 800⁰С).

Вміст органічного вуглецю обчислили за формулою:

$$C, \% = \frac{(V_1 - V_2) \cdot 0,0010362k \cdot 100}{m}, \text{ де}$$

V_1 - об'єм розчину солі Мора, витрачений на титрування 10 мл хромової суміші в холостому досліді, мл; V_2 - об'єм розчину солі Мора, який пішов на титрування хромової суміші аналізованого зразку, мл; k –поправка на нормальність солі Мора; m - наважка компосту, г; 100 - множник для перерахунку на 100 г компосту.

Визначення вологості

Для визначення вологості було проведено наступні дії:

1. Зразок компосту для визначення вологості відбирали масою від 5 г, помістили у заздалегідь висушений, зважений і пронумерований бюкс, зважили.
2. Бюкс помістили у нагріту сушильну шафу і висушили до постійної маси за температури $(130 \pm 2) ^\circ\text{C}$.
3. Після кожного висушування компост у бюксі охолоджують в ексикаторі із хлористим кальцієм до температури приміщення та зважують. Висушування виконували до одержання різниці мас компосту зі стаканчиком при двох наступних зважуваннях не більше ніж 0,02 г.
4. Вологість компосту визначили як відношення маси води, вилученої із нього висушуванням до постійної маси, до маси висушеного компосту.

$$W = \frac{M_3 - M_1}{M_2 - M_1} \times 100\%, \text{ де}$$

M_1 – маса бюксу

M_2 - Маса бюксу з компостом

M_3 - Маса бюксу після висушування 3 годин.

Визначення зольності

Для визначення зольності було проведено наступні дії:

1. У попередньо прожарений і зважений тигель з кришкою помістили наважку вермикомпосту від 2 до 4 г. Зважування проводили на аналітичних вагах. Одночасно в сушильний бюкс взяли наважку вермикомпосту 3-5 г для визначення вологості.

2. Муфульну піч попередньо підігріти до 200° С. Помістити в неї тигель без кришки. Поступово підвищували температуру до 600 °С. Через 3 години тигель з зольним залишком виймали з печі, закривають кришкою, охолоджували протягом 5 хвилин і помістили в ексикатор на 30 хвилин до повного охолодження.

3. Охолоджений тигель зважили на аналітичних вагах, після чого повторили прожарювання протягом 40 хвилин, охолодили і знову зважили. Прожарювання повторювали до тих пір, поки зміна маси не перевищувала 0,001 мг.

Зольність у відсотках від маси абсолютно сухого вермикомпосту обчислили за формулою:

$$A = \frac{m_2 \cdot (100 - W)}{m_1}$$

де А - зольність вермикомпосту, %; m_1 - наважка повітряно-сухого (вологого) вермикомпосту, г; m_2 - маса золи, г; W - вологість вермикомпосту, %.

Визначення рН у витяжці компосту

Для визначення значення *рН у витяжці компосту* проведено наступні дії:

20 г сухого зразку вермикомпосту, розтертого і просіяного крізь сито з діаметром отворів 1 мм, зважують на технічних терезах з точністю до 0,1 г і переносять у плоскодонну колбу місткістю 100 мл. Мірною колбою приливають 50 мл 1,0 н розчину КСІ (рН 5,6–6,0). Колбу закривають пробкою і періодично збовтують протягом 1 години. Після відстоювання в чистий скляний стаканчик зливають прозору частину суспензії і вимірюють $pH_{КСІ}$ потенціометричним методом. Цей метод заснований на вимірюванні електрорухоючої сили, яка виникає при занурюванні в розчин індикаторного та допоміжного електродів. Робочою частиною індикаторного (скляного) електроду є скляна мембрана. При вимірюванні рН між мембраною і розчином

виникає різниця потенціалів, яка залежить від активності іонів водню. За різницею потенціалів на скляному електроді та електроді порівняння визначають рН. Використання скляного електроду дозволяє визначати рН у широкому діапазоні. Причому на результати вимірювань не впливають забарвлення розчинів.

Проводилась статистична обробка експериментальних даних, а саме визначення довірчого інтервалу із 95% довірчою ймовірністю. Результати на основі яких порівнювали ефективність видів було перевірено критерієм Стюдента і отримано, що різниця між даними є статистично значущою з вірогідністю $p < 0.05$.

РОЗДІЛ 3. Результати досліджень та їх обговорення

3.1 Молекулярно-біотехнологічна ідентифікація

Було оцінено корисність гена субодиниці I (COI) мітохондріального цитохрому с-оксидази, як молекулярного маркера для того, щоб ідентифікувати та диференціювати види *Eisenia fetida* та *Eisenia andrei*.

Поставлена ціль була досягнута, аналізом філогенезу за допомогою автоматизованого виявлення розривів штрих-коду (ABGD), отримавши 84 послідовності COI з NCBI (рис 3.1). Для філогенетичного аналізу використовували програмне забезпечення MEGA 5 (Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 5), з підтримкою завантаження 1000 реплікацій, нуклеотидний тип заміщення, параметр Кімура 2 як модель відстані, з переходом + трансверсія заміщення, однакові швидкості між сайтами, однорідний малюнок між лініями та повне видалення як обробка даних прогалин. Аналіз ABGD припустив, що досліджувані види не змогли дати чіткий розрив у штрих-кодів, і шаблон розподілу може бути обумовлений ймовірною помилковою ідентифікацією, що призвела до розбіжностей між результатами дерева ABGD та NJ. Існуючі таксономічні помилки можуть бути наслідком морфологічної помилкової ідентифікації в результаті дивергентної еволюції, забруднення ядерних мітохондріальних псевдогенів (NUMT) у послідовностях.

В ході дослідження ми з'ясували, що мультилокусний підхід мітохондріального геному може бути використаний для вирішення цієї таксономічної неоднозначності і робить систему молекулярної ідентифікації більш надійною та всебічною, що задовольняє потреби зростаючих програм збереження біорізноманіття в глобальному масштабі. Ми виявили, що успіх ідентифікації та диференціації *Eisenia fetida* становив 96,42%, тоді як для *Eisenia andrei* - 100%.

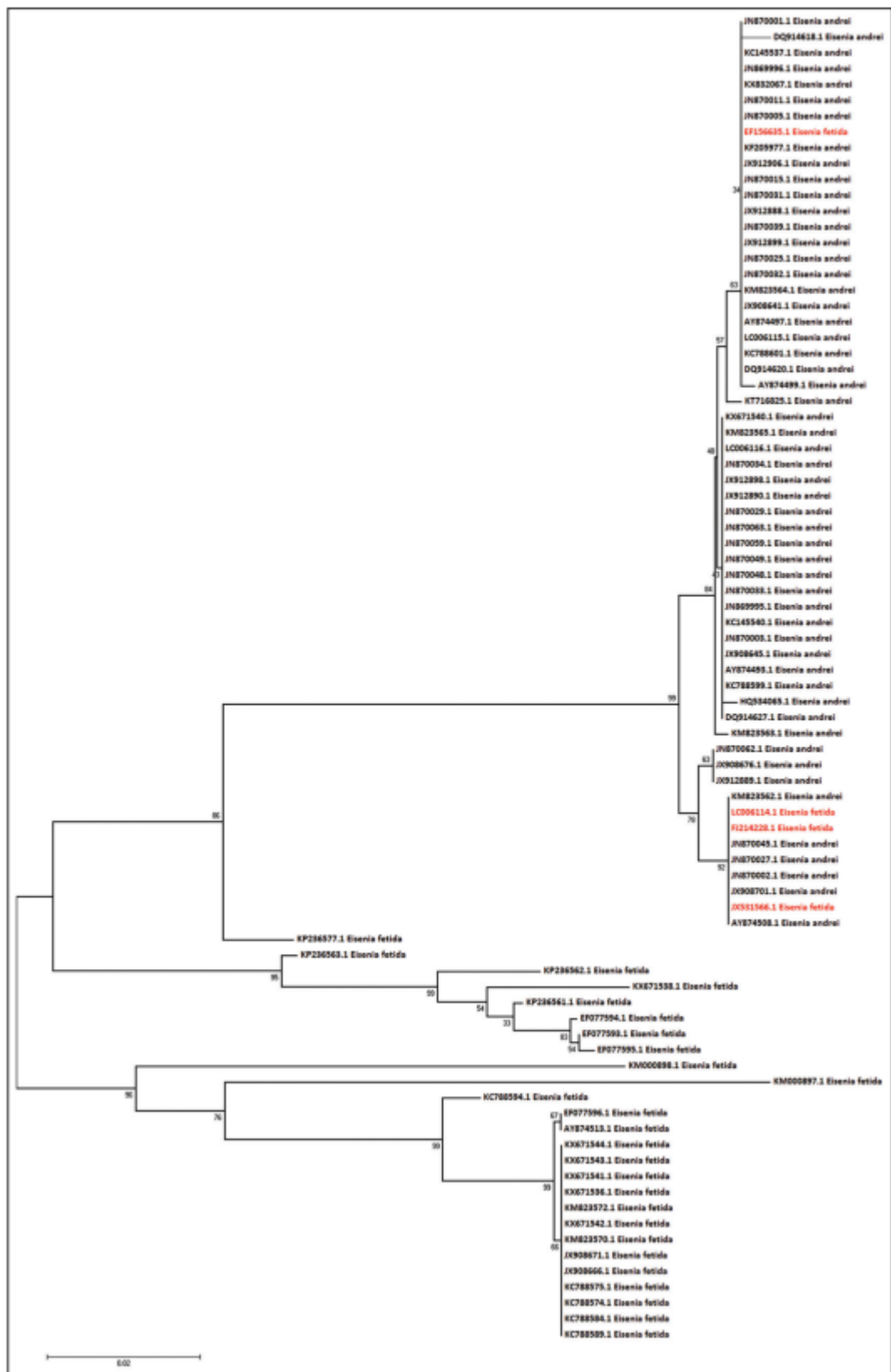


Рис. 3.1. Філогенетичний аналіз 84 послідовностей досліджуваних видів, отриманих в NCBI (червоним помічені помилково отримані ID)

Помилка ідентифікації або більша частота мутації в генах COI або наявність підвиду перешкоджає конгруентним результатам аналізів ABGD та філогенезу методом NJ, і існує потреба у розробці більш всеохоплюючої стратегії ідентифікації досліджуваних видів дощових черв'яків, такого як мультилокусний підхід мітохондріального геному, щоб уникнути існуючих таксономічних невизначеностей.

3.2 Загальні положення процесу вермикомпостування

Нормальними життєвими умовами для черв'яків (*Eisenia fetida* та *Eisenia andrei*) є вологість 70–80%; температурний режим 20–25°C; нейтральна кислотність середовища (pH = 7–8) [26]. Також позитивним фактором для росту вермикультури буде відсутність сонячного світла та періодична аерація вермикомпосту.

В ході проведення дослідів були використані:

- шість вермикомпостерів, що були попередньо спроектовані та виготовлені;
- ґрунт універсальний: зольність 25-35%, pH 5,5-7,5, вологість 55%, та вміст деяких біогенних елементів становить:

Таблиця 3.2

Вміст деяких біогенних елементів у ґрунті універсальному

Біогенні елементи	Кількість (мг/кг)
NH ₄ + NO ₃	20-35
P ₂ O ₅	30-65
K ₂ O	25-75

- вермикультура (представники *E. fetida* та *E. andrei*, порівну у кількості 192 особини);
- подрібнене опале листя, харчові побутові відходи, відходи.

Контроль процесу вермикультивування здійснювався за допомогою ртутного термометра (6 шт.) та гігрометра.

Тривалість проведення досліду становила 360 днів.

Хід проведення досліду: для проведення основного процесу вермикультивування у вермикомпостері №1 рівномірно розподілили компост, що містить черв'яків, оптимальна щільність яких становила 32 особини на 1 м³. Вологість субстрату постійно підтримувалася на рівні 70–80%. Оптимальна температура субстрату в стартовому вермикомпостері становила 19–20 °С. Якщо вологість субстрату ставала нижчою 70 %, то його поливали дехлорованою (відстояною) водою. Однією з основних умов нормальної життєдіяльності черв'яків є постійна аерація субстрату, для чого його періодично, тричі на тиждень, спушували та ворушили. Додавання поживних речовин повторювали один раз на 7 днів, у рівному співвідношенні, описаному в даній магістерській дисертації [26].

В якості субстрату для вермикомпостування до вермикомпостерів було внесено тверді побутові відходи, у різних кількостях, відповідно до поставлених завдань. Ці відходи представляють суміш органічних решток їжі, у подрібненому вигляді: шкірки бананів, огірків, яблук, помідорів, листя зеленого чаю.

Для контролю за процесом вермикультивування, зростання популяції черв'яків, один раз на місяць проводиться підрахунок їх кількості й зважування з використанням облікових проб. Кожна з них має розмір 10 x 10 см і відбирається на всю глибину черв'яковмісного шару субстрату. У кожній пробі підраховується кількість статевозрілих черв'яків, визначається їх маса, а також число личинок різного віку й коконів.

3.3 Аналіз якості отриманого вермикомпосту

3.3.1 Визначення гумусу

Наступні результати представлені для культури *Eisenia fetida*:

Таблиця 3.3.1

Порівняння вмісту гумусу у зразках до і після початку вермикомпостування, станом на 1 - 360 день процесу

№ зразку	Вміст гумусу %										
	1 день	30 день	60 день	90 день	100 день	120 день	150 день	200 день	250 день	300 день	360 день
1	12,77	10,15	11,46	12,54	11,98	11,46	14,44	10,80	7,56	12,38	8,59
2	11,46	17,08	21,22	22,82	22,95	24,82	26,82	28,82	28,16	28,16	30,16
3	12,11	16,95	22,42	24,29	24,7	23,48	25,22	28,96	28,56	25,22	26,02

Результати визначень гумусу можна зобразити на діаграмі *Рис. 3.3.1* та на графіку *Рис. 3.3.2*.

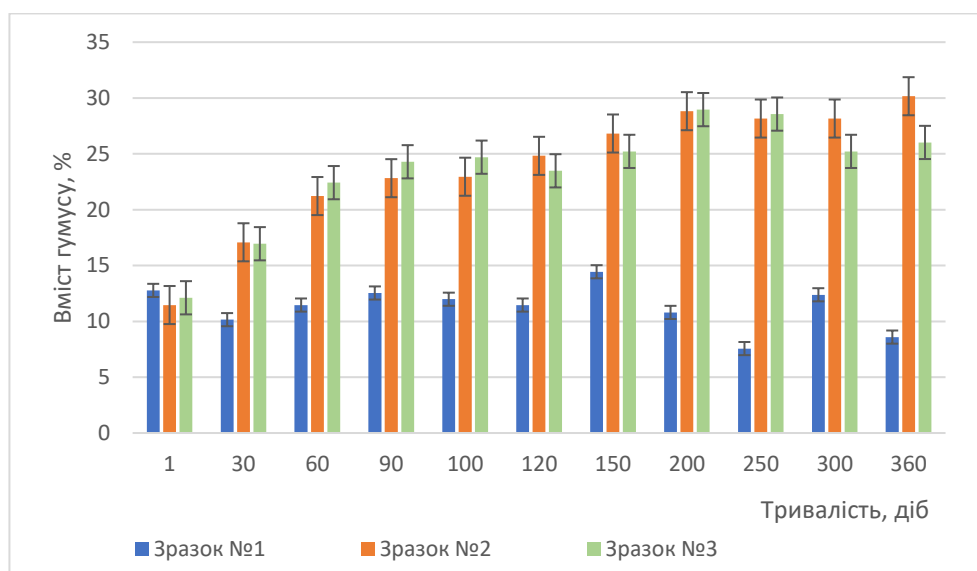


Рис. 3.3.1. Зміна вмісту гумусу в процесі вермикомпостування видом *E.fetida* впродовж 360 днів: зразок № 1 - холоста проба, контроль: ґрунт універсальний зразок № 2 - ґрунт універсальний, тверді харчові побутові відходи та попередньо вимочений подрібнений листовий опад, у

співвідношенні 11:1:2, зразок №3 - ґрунт універсальний, тверді харчові побутові відходи та попередньо попередньо вимочений подрібнений листовий опад, у співвідношенні 11:2:1

Наступні результати представлені для для культури *Eisenia andrei*:

Таблиця 3.3.2

Порівняння вмісту гумусу у зразках до і після початку вермикомпостування, станом на 1-360 день процесу

№ зразку	Вміст гумусу %										
	1 день	30 день	60 день	90 день	100 день	120 день	150 день	200 день	250 день	300 день	360 день
1	12,77	15,38	11,46	9,45	11,13	11,46	14,44	8,84	9,17	13,38	10,51
2	13,42	18,88	22,56	24,96	24,96	26,16	26,29	28,83	28,16	28,55	32,29
3	16,04	15,89	23,76	25,36	21,36	22,55	29,22	30,56	30,96	29,75	34,03

Результати визначень гумусу можна зобразити на діаграмі Рис. 3.3.3.

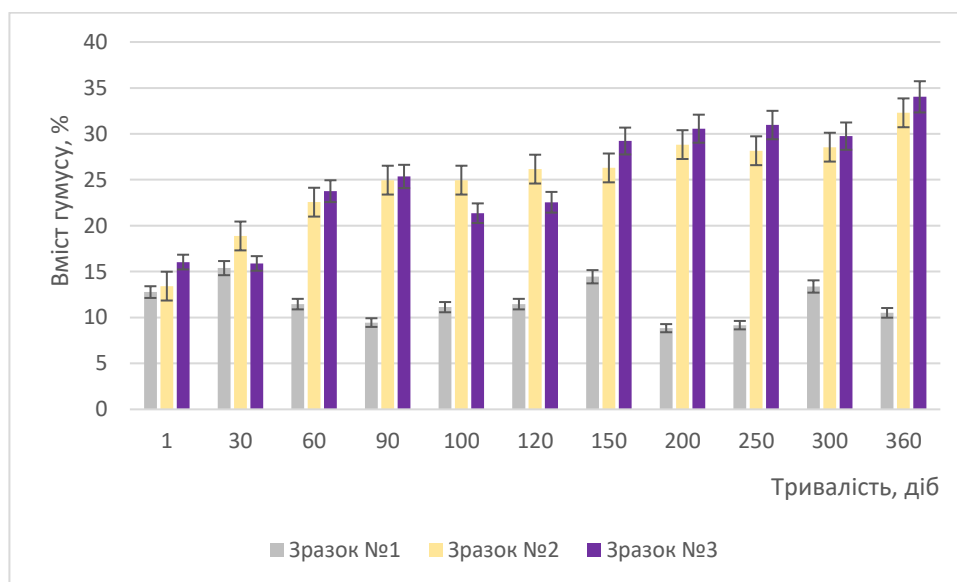


Рис. 3.3.3. Зміна вмісту гумусу в процесі вермикомпостування видом *E.andrei* впродовж 360 днів: зразок № 1 - холоста проба, контроль: ґрунт універсальний зразок № 2 - ґрунт універсальний, тверді харчові побутові відходи та попередньо вимочений подрібнений листовий опад, у

співвідношенні 11:1:2, зразок №3 - ґрунт універсальний, тверді харчові побутові відходи та попередньо попередньо вимочений подрібнений листовий опад, у співвідношенні 11:2:1

Порівняльний аналіз даних отриманих після 360 днів вермикомпостування видом *Eisenia fetida* та *Eisenia andrei*, свідчить про те, що вміст гумусу у субстраті, отриманому після виду *E.andrei* вищий - 32,29 і 34,03 % у порівнянні з 30,16 та 26,02% у субстраті після виду *E.fetida*.

3.3.2 Метод визначення гумінових кислот

До складу гумусу входять три групи органічних сполук: 1) речовини вихідних органічних залишків (білки, вуглеводи, лігнін та жири); 2) проміжні продукти їх перетворення (амінокислоти, оксикислоти, феноли, моносахариди); 3) гумусові речовини, що становлять головну та специфічну частину гумусу [26]. Гумінові кислоти — це азотовмісні високомолекулярні оксикарбонові кислоти з інтенсивним темно-бурым або червоно-бурым забарвленням. Їх екстрагують з ґрунту розчинами лугів, а потім розділяють на гумінові (ГК), фульвові (ФК) і гематомеланові кислоти (ГМК).

Таблиця 3.3.3

Вміст ГК початковий для виду *E.fetida*

№ зразку	Маса висушених ГК, г m_1	Маса зольного залишку, г ГК, m_2	m_3
1	0,521	0,074	8,44
2	0,669	0,046	9,3
3	0,589	0,066	11,75

Таблиця 3.3.4

Вміст ГК через 100 днів після запуску процесу вермикомпостування видом *E.fetida*

№ зразку	Маса висушених ГК, г m_1	Маса зольного залишку,г ГК, m_2	m_3
1	0,559	0,040	6,79
2	0,630	0,044	7,21
3	0,641	0,026	7,15

Таблиця 3.3.5

Вміст ГК через 360 днів після запуску процесу вермикомпостування видом *E.fetida*

№ зразку	Маса висушених ГК, г m_1	Маса зольного залишку,г ГК, m_2	m_3
1	0,621	0,040	6,93
2	0,649	0,039	8,20
3	0,689	0,029	8,34

Таблиця 3.3.6

Порівняння вмісту ГК у зразках до і після початку процесу
вермикомпостування видом *E.fetida*

№ зразку	Вміст ГК, %	
	До	Після
1	10,59	16,76
2	13,3	17,88
3	11,75	18,16

Результати визначень гумінових кислот зображені на діаграмі *Рис. 3.3.5*

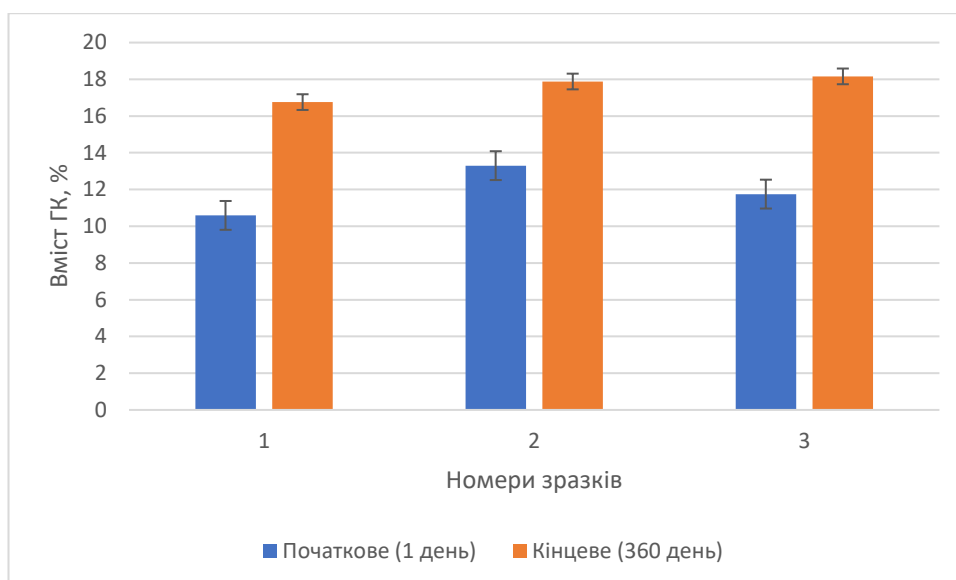


Рис. 3.3.5 Зміна вмісту гумінових кислот до і після вермикомпостування видом *E.fetida*

Для виду *Eisenia andrei*:

Таблиця 3.3.7

Вміст ГК початковий після вермикомпостування видом *E.andrei*

№ зразку	Маса висушених ГК, г m_1	Маса зольного залишку,г ГК, m_2	m_3
1	0,524	0,071	7,87
2	0,581	0,068	8,64
3	0,613	0,061	10,14

Таблиця 3.3.8

Вміст ГК через 100 днів після запуску процесу вермикомпостування видом *E.andrei*

№ зразку	Маса висушених ГК, г m_1	Маса зольного залишку,г ГК, m_2	m_3

1	0,654	0,082	9,59
2	0,794	0,058	10,71
3	0,807	0,067	10,93

Таблиця 3.3.9

Вміст ГК через 360 днів після запуску процесу вермикомпостування видом *E.andrei*

№ зразку	Маса висушених ГК, г m_1	Маса зольного залишку,г ГК, m_2	m_3
1	0,643	0,085	9,75
2	0,879	0,049	10,98
3	0,908	0,071	11,21

Таблиця 3.3.10

Порівняння вмісту ГК у зразках до і після початку процесу
вермикомпостування видом *E.andrei*

№ зразку	Вміст ГК %	
	До	Після
1	11,21	11,45
2	11,87	15,12
3	10,89	14,93

Результати визначень гумінових кислот зображені на діаграмі Рис. 3.3.6

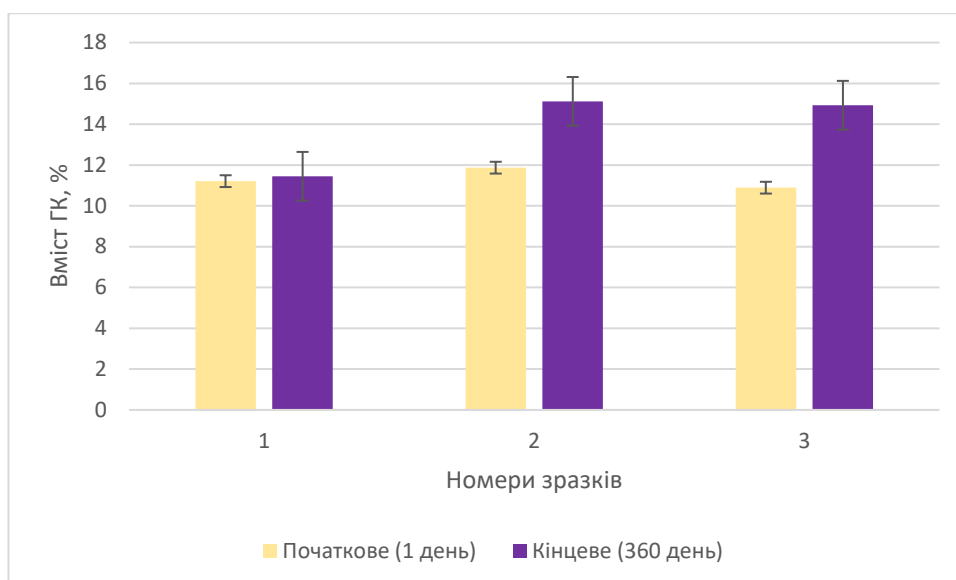


Рис. 3.3.6 Зміна вмісту гумінових кислот до і після вермикомпостування видом *E.andrei*.

Кількість фульвокислот (ФК) та гематомаленових кислот (ГМ) можна визначити у відсотках за різницею між загальним вмістом вуглецю в гумусових речовинах та кількістю гумусу.

Таблиця 3.3.11

Порівняння вмісту ФК та ГМ у зразках до і після вермикомпостування видом *E.andrei*

№ зразку	Вміст ФК +ГМ, %	
	До	Після
1	2,12	2,32
2	0,83	1,62
3	2,54	3,84

Результати визначень фульвокислот та гематомаленових кислот зображені на діаграмі Рис. 3.3.7

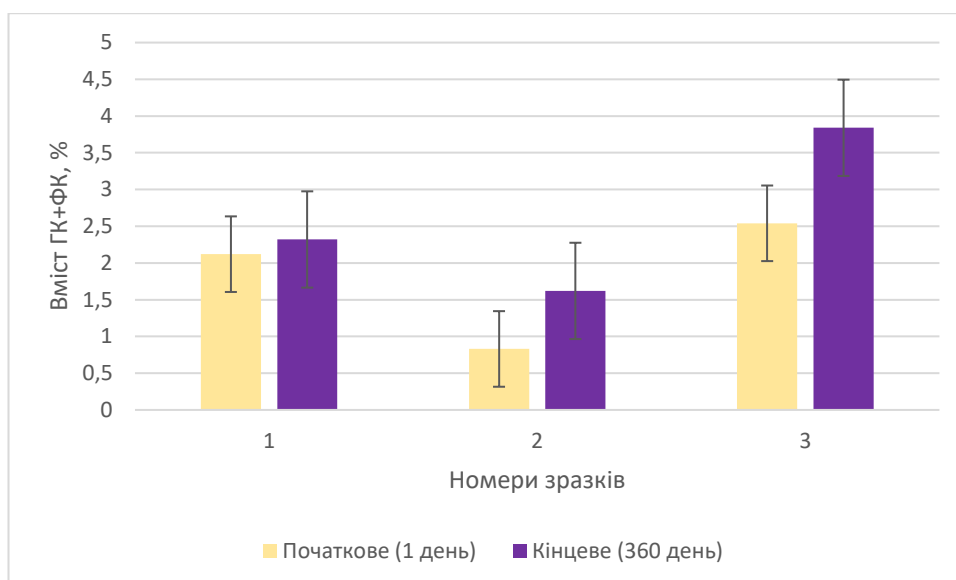


Рис. 3.3.7 Зміна вмісту фульвокислот та гематомаленових кислот (вид *E.andrei*).

Порівняльний аналіз даних отриманих після 360 днів вермикомпостування видом *Eisenia fetida* та *Eisenia andrei*, свідчить про те, що вміст гумінових та фульвокислот у субстраті, отриманому після виду *E.fetida* вищий, що може свідчити про особливість будови та кількості ферментів у кишковому тракті згаданого досліджуваного виду, на відміну від *E.andrei*.

3.3.3 Визначення рН у водній витяжці компосту

В процесі вермикомпостування, субстрат проходячи через кишечник *Eisenia fetida* та *Eisenia andrei*, має стабілізований рівень кислотності. Після переробки органічних відходів методом вермикомпостування кислотність кінцевого продукту близька до нейтрального значення, оскільки оптимізація кислотності відбувається за рахунок здатності червів поглинати з ґрунту кальцій [27].

Показники кислотності зразків в процесі проведення дослідів зображені в Таблиці 3.3.12.

Таблиця 3.3.12

Результати вимірювання рН видом *E.fetida*

№ проби	Значення рН витяжки	
	Початкове (1 день)	Кінцеве (360 день)
1	7,95	7,84
2	7,67	7,29
3	7,45	7,27

Результати визначень значень рН зображено на діаграмі Рис. 3.3.8

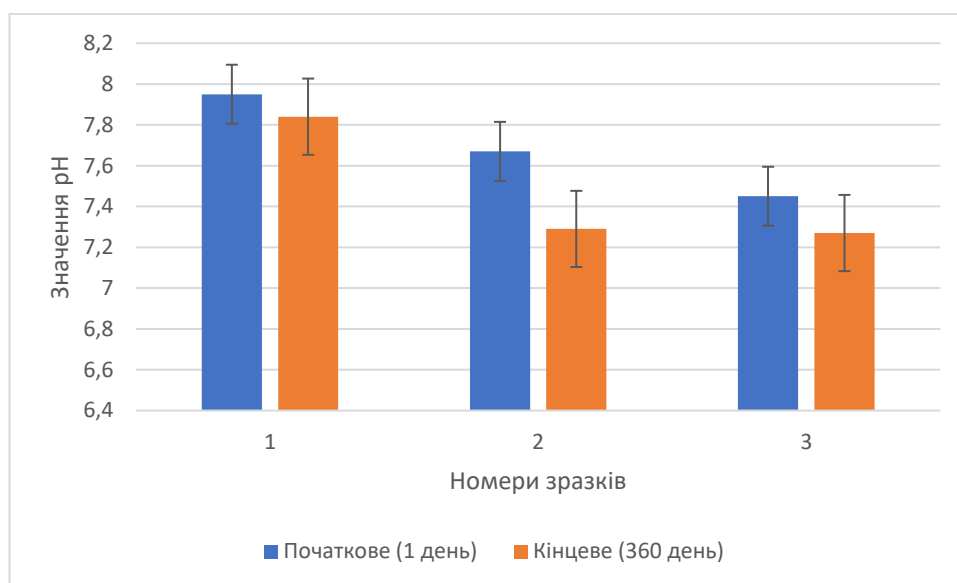


Рис. 3.3.8 Зміна значень рН витяжки до і після процесу вермикомпостування видом *E.fetida*

Для виду *Eisenia andrei*:

Таблиця 3.3.13

Результати вимірювання рН видом *E.andrei*

№ проби	Значення рН водної витяжки	
	Початкове (1 день)	Кінцеве (360 день)
1	7,83	7,79
2	7,97	7,22
3	7,68	7,17

Результати визначень значень рН зображено на діаграмі *Рис. 3.3.9*

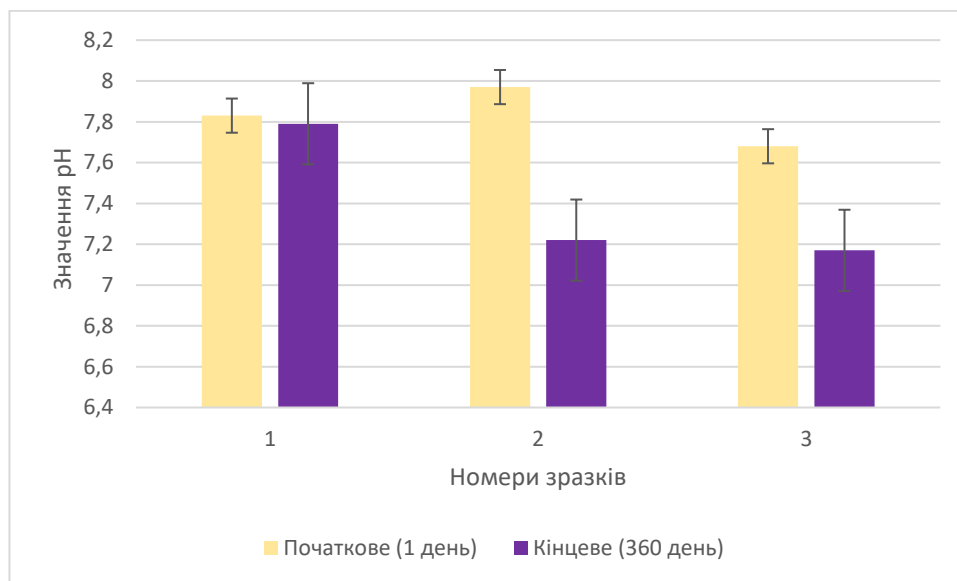


Рис. 3.3.9 Зміна значень рН витяжки до і після процесу вермикомпостування видом *E.andrei*.

Перший стовпчик (1) – зразок №1, другий (2) – зразок №2, третій (3)– зразок №3.

Як видно з таблиць та з діаграм, кінцеві значення рН зразків, які піддавались вермикомпостуванню видами *Eisenia fetida* та *Eisenia andrei* мають тенденцію до зниження значення рН, що свідчить про вивільнення органічних кислот (ГК та ФК) в процесі розкладання субстрату. Надмірна кількість гумінових та фульвокислот кислот може призвести до зворотнього ефекту стабілізації рН. Витяжка після процесу вермикомпостування видом *E.andrei* показала дещо більш стабілізоване (менше) значення рН.

3.2.4 Зольність субстратів

Зольність – це маса неорганічного залишку (золи), що утворюється після повного згоряння зразка досліджуваної речовини в певних умовах. Виражається зазвичай у % від маси аналізованого зразка і позначається А. Виражається у відсотках від маси зразка, що аналізується. Зольність дозволяє зробити висновок щодо вмісту органічних і мінеральних речовин у зразку.

Залежності від складу зразка й температури згоряння маса золи може зменшуватися завдяки наявності в її складі летких компонентів або утворенню газоподібних сполук, напр. при окисненні сульфідів, декарбонізації карбонатів, згорянні ефіроолійної рослинної сировини тощо [28].

Визначення зольності протягом всього експерименту проводиться паралельно з визначенням вологості, для врахування кількості води, яка піде під час згоряння дослідних зразків. Початкова вологість та зольність субстрату відповідно мала показники зафіксовані в *Таблиці 3.3.14* та *Таблиця 3.3.15* для виду *E.fetida*. Результати для виду *E.andrei* представлені нижче у підрозділі 3.3.4.

Таблиця 3.3.14

Вологість субстратів (вид *E.fetida*)

початкова

№ проби	Маса бюксу, г	Маса бюксу і субстрату, г	Маса після висушування, г
1	17,761	22,833	20,654
2	20,10	25,427	23,236
3	30,94	36,158	33,918

Таблиця 3.3.15

Зольність субстратів (вид *E.fetida*) початкова

№ проби	Маса тигля, г	Маса наважки, г	Маса тигля і субстрату після висушування, г	Маса золи, г
1	10,751	3,36	11,641	0,89
2	10,394	3,061	11,332	0,938
3	10,241	3,075	11,116	0,875

Кінцева вологість та зольність субстрату відповідно мала показники зафіксовані в *Таблиці 3.3.16* та *Таблиця 3.3.17*

Таблиця 3.3.16

Вологість субстратів (вид *E.fetida*) кінцева

№ проби	Маса бюксу, г	Маса бюксу і субстрату, г	Маса після висушування, г
1	17,738	19,564	18,732
2	15,964	18,572	17,592
3	18,25	21,812	20,416

Таблиця 3.3.17

Зольність субстратів (вид *E.fetida*) кінцева

№ проби	Маса тигля, г	Маса наважки, г	Маса тигля і субстрату після висушування, г	Маса золи, г
1	20,223	4,939	19,829	1,626
2	18,361	6,371	21,053	2,692
3	18,659	5,021	20,78	2,010

Таблиця 3.3.18

Порівняння зольності до і після вермикомпостування видом *E.fetida*

№ зразку	Зольність, %		Δ
	До вермикомпостування	Після вермикомпостування	
1	41,6	50,84	9,14
2	48,68	68,63	19,95
3	44,70	55,04	10,34

Результати визначень зольності зображено на діаграмі *Рис. 3.5*

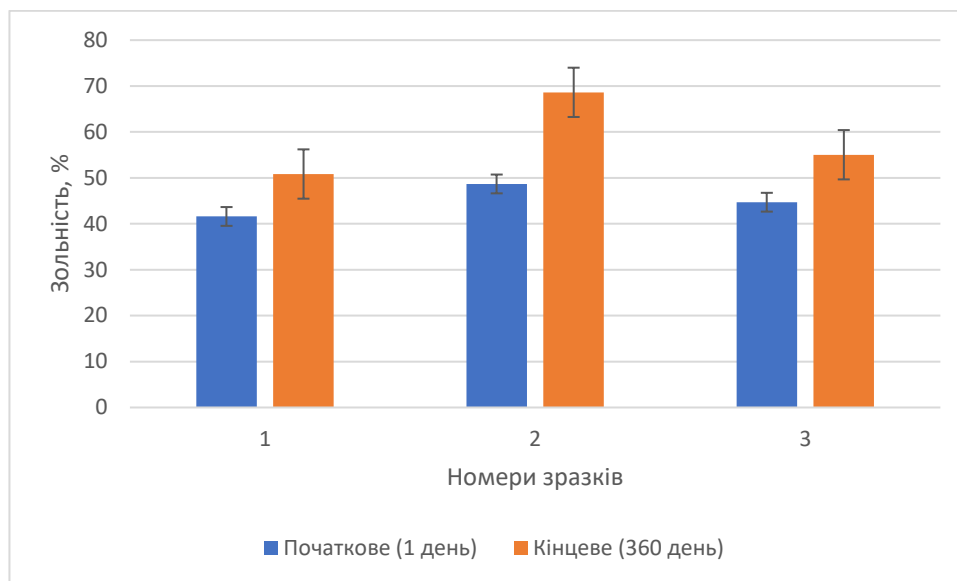


Рис. 3.3.10 Зміна зольності субстратів до і після процесу
видом *E.fetida*
вермикомпостування

Перший стовпчик (1) – зразок №1, другий (2) – зразок №2, третій (3)– зразок №3.

Для виду *E.andrei*:

Таблиця 3.3.19

Вологість субстратів (вид *E.andrei*)
початкова

№ проби	Маса бюксу, г	Маса бюксу і субстрату, г	Маса після висушування, г
1	18,542	22,262	20,104
2	20,243	25,567	23,973
3	19,941	24,648	22,612

Таблиця 3.3.20

Зольність субстратів (вид *E.andrei*) початкова

№ проби	Маса тигля, г	Маса наважки, г	Маса тигля і субстрату після висушування, г	Маса золи, г
1	10,212	3,89	11,144	0,932
2	10,325	3,549	11,356	1,031
3	10,204	3,857	11,151	0,947

Кінцева вологість та зольність субстрату відповідно мала показники зафіксовані в Таблиці 3.3.21 та Таблиця 3.3.22

Таблиця 3.3.21

Вологість субстратів (вид *E.andrei*) кінцева

№ проби	Маса бюксу, г	Маса бюксу і субстрату, г	Маса після висушування, г
1	18,542	21,198	20,104
2	20,243	22,257	20,351
3	19,941	22,948	19,612

Таблиця 3.3.22

Зольність субстратів (вид *E.andrei*) кінцева

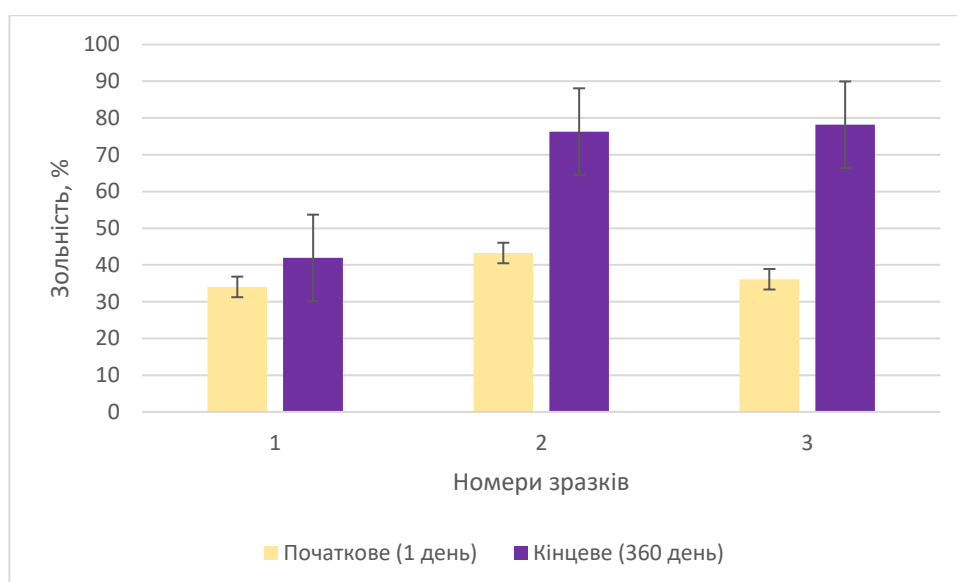
№ проби	Маса тигля, г	Маса наважки, г	Маса тигля і субстрату після висушування, г	Маса золи, г
1	10,212	4,731	13,619	1,321
2	10,325	5,335	12,534	3,126
3	10,204	5,011	11,642	3,573

Таблиця 3.3.23

Порівняння зольності до і після вермикомпостування видом *E.andrei*

№ зразку	Зольність, %		Δ
	До вермикомпостування	Після вермикомпостування	
1	34,02	41,91	7,89
2	43,25	76,3	33,05
3	36,11	78,17	42,06

Результати визначень зольності зображено на діаграмі Рис. 3.3.11

Рис. 3.3.11. Зміна зольності субстратів до і після процес вермикомпостування видом *E.andrei*.

За отриманими результатами, як видно з діаграми відсоток зольності після проведення вермикомпостування зростає, що свідчить про додавання поживного субстрату до дослідних зразків №1 та №2. Зольність субстратів в дослідних зразках значно збільшується протягом процесу, що свідчить про мінералізацію органічних решток, протягом 360 днів процесу вермикомпостування [29]. Зольність субстрату після вермикомпостування

видом *E.andrei* вища за отриману зольність субстрату *E.fetida*, що свідчить про більшу швидкість споживання видом *E.andrei* органічних решток.

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

4.1 Резюме

Таблиця 4.1

Сутність бізнес-ідеї	Продаж наборів для домашнього вермикомпостування– EcowormUA.
Прототипи	садові вермикомпостери «ПастернакБІО», «VermiNut».
Аналоги	немає.
Задовольняє потребу	утилізації сміття, отримання біодобрих, вирощування та споживання продуктів харчування.
Ступінь розробленості технології реалізації	повністю розроблена технологія реалізації.
Класифікація продукту стартапу за міжнародною класифікацією товарів	клас 7: утилізатори відходів / утилізатори сміття 070414.
КВЕД	01.61.
Очікувана потужність стартапу	мале підприємство.
За масштабом виробництва	серійне виробництво.
За рівнем спеціалізації	комбіноване.
За спожитими ресурсами	матеріаломістке.
Персонал	мале (1 особа).
Органи управління при реалізації стартапу	національні.
Бажане географічне розташування	територія України та Європи.
Місце розробки в інноваційному ланцюжку цінності	повністю реалізоване виробництво, яке дозволяє реалізовувати,

	експлуатувати, обслуговувати продукт.
Гранична корисність ідеї стартапу	при відмові від цього товару споживач втратить можливість утилізувати сміття, отримувати біодобриво та вирощувати корисні продукти харчування (мікрозелень).
Бізнес-модель стартапу	Business-to-Consumer (B2C).
Конкуренти вітчизняні (ціна, на якому етапі реалізації знаходяться, основні конкурентні переваги, фактори успіху)	прототип садовий вермикомпостер «ПастернакБІО» - Луцьк. 1900 грн. Повністю реалізоване виробництво, конкурента перевага - довше знаходяться на ринку.
Конкуренти іноземні (ціна, на якому етапі реалізації знаходяться, основні конкурентні переваги, фактори успіху)	прототип садовий вермикомпостер «VermiNut» - Австралія. 2500 грн. Якість пластику вища.
Ключові фактори успіху стартапу	ціна, комплексність набору, сервісне обслуговування, можливість вирощувати мікрозелень на отриманому біодобриві.
Споживачі	продукт можна використовувати всім групам населення, які мають певний рівень екологічної свідомості/потребу утилізації власного органічного сміття/потребу турбуватися про живі організми.
Плановий обсяг продукції за перший рік	50 000 наборів.

Мінімальна кількість виробництва за методом точки беззбитковості	1 набір в місяць.
Споживачі на етапі розвитку	розвинута інноваційна еко-молодь.
Споживачі на етапі зрілості	всі групи населення.
Конкурентна ціна на продукт стартапу	1700 грн.
Плановий рівень рентабельності при реалізації продукту	170%.
Капіталовкладення	при впровадженні проекту у масове виробництво, промисловість складають 140 000 грн.
Період повернення капіталовкладень	5 місяців.
Джерела фінансування	внутрішні.
Основні компоненти продукції стартапу	Вермикомпостери (два пластикові відділення, дві пластикові готові кришки), вермикультура, засоби індивідуального захисту, садовий інвентар, детальна інструкція. Готовність 100%.
Потенційні постачальники	ТОВ АЛЕАНА, м. Обухів. Постачальник пластикових складових набору. Масове виробництво.
Планове місце реалізації результату розробки	місто Київ, Україна.
Посередники	посередників немає.

Методи просування результатів розробки на ринок	пропаганда, реклама.
Суб'єкт замовлення	споживачі.
Об'єкт дослідження	установки для вермикомпостування, складові набору, освітницька робота з населенням – потенційними споживачами.
Мета наукової розробки	Метою даної розробки є проектування та підбір найкращого дизайнерського рішення для установок – вермикомпостерів, удосконалення складових набору. Асортимент продукції на початковому етапі представлений вермикомпостером (визначена лінійка кольорів та розмірів, але з можливістю конструювання споживачем власного робочого об'єму, згідно з потребами до утилізації), вермикультура (Каліфорнійські червоні черв'яки, продаж в базовому наборі мінімум десяти сімей), набір латексних рукавиць, розпушувач ґрунту, лопатка, курковий розпилювач та фартух із хлопку (для дитячих наборів), детальна інструкція на всі випадки життя щодо запуску процесу та його перебігу.

	<p>Вермикомпостування – це процес переробки органічних відходів, за допомогою вермикультури - Каліфорнійських червоних черв'яків. Специфіка процесу дозволяє утилізувати відходи та отримати біодобриво – високоякісний біогумус. Прикладаючи мінімум зусиль, у будь-якому кутку квартири. За відсутності запаху. Сервісне обслуговування дозволяє отримувати надлишок вермикультури споживача за наданням спеціальної знижки на лінійку продукції компанії.</p>
Мінімальний обсяг продукції за перші 5 років	300 000 наборів.
Вартість набору складає	1700 грн.

4.2 Аналіз зовнішнього та внутрішнього середовищ стартапу

Таблиця 4.2

4.2.1 Загрози і можливості зовнішнього середовища

Загрози	Можливості
Фактор - Політика	
Зміни у податковій системі і законодавстві в цілому, що можуть вплинути.	Вирішення проблеми існування полігону №5 та його заповненості. Продукція користується значним попитом через доступність за ціновою політикою.
Фактор - Економіка	
Постійне дорожчання обладнання, деталей обладнання, ремонту, допоміжних матеріалів. Зменшення попиту на доглядову косметичну продукцію.	Відносно невисока вартість (грн/флакон) робить продукт доступним доглядовим засобом для шкіри.
Фактор - Географія	
Надання інформації до споживачів з інших країн світу.	Ведення сайту, рекламних компаній на різних мовах та на різних рекламних площадках, дистрибуція через систему дропшипінгу,
Фактор - Демографія	
Негативний вплив неосвіченості людей щодо екологічної ситуації та важливості утилізації відходів.	Рекламні компанії, освітницька діяльність, пропаганда, «сарафанне радіо» серед найстаршої групи споживачів.
Фактор - Культура	
Можливе сприйняття продукції як непотрібної і неважливої.	Загострення ситуації у світі щодо екологічної ситуації та важливості утилізації сміття.
Фактор – Науково-технічний прогрес	
Створення нових технологій утилізації сміття.	Експериментальна діяльність, досліди щодо удосконалення та пошуків нових рішень та технологій для застосування вермикультури.

4.2.2 Аналіз факторів зовнішнього оперативного середовища

Таблиця 4.3

Фактор	Переваги	Недоліки
<i>Конкуренти (лише прототипи)</i> 1. ПастернакБІО 2. VermiHut	1. Довше знаходяться на ринку збуту 2. Якість пластику краща	1. Обмежені у кольорах, вища ціна 2. Відсутність сервісного обслуговування, вища ціна
<i>Постачальники</i> ТОВ АЛЕАНА	Зручне розташування, великі потужності, оперативність виконання	Обмеженість прес-форм для пластику

4.2.3 Переваги і недоліки внутрішнього середовища

Таблиця 4.4

Переваги	Недоліки
Фактори – Постачальник, Виробник	
Впевненість у поставці поліпропіленових, вторинної переробки, вермикомпостерів.	Використання пластику, а не відходів тирси, дерева, що покращило б екологічність продукту.
Фактор - Споживач	
Можливість будь-яких консультацій щодо ведення процесу, як телефонних так і онлайн. Сервісне обслуговування. В майбутньому – державні установи, комунальні підприємства, як споживачі.	Необізнаність споживачів щодо важливості утилізації відходів. Незацікавленість через низьку екологічну свідомість.

Отримання біогумусу (біодобрива) після утилізації. Можливість експорту продукції.	
Фактор - Посередники	
Можливість продажу через систему дропшипінгу – у мережах інших рителерів екологічної продукції. Мінімізація особистого спілкування.	Збільшення вартості продукції через комісію.
Фактор - Конкуренти	
Відсутність аналогів продажу повних наборів для вермикомпостування. Можливість удосконалення продукції. Поширення за допомогою мас-медіа, реклами, освітницької діяльності. Складність для потенційних конкурентів входу на ринок, через складність біотехнологічних процесів переробки органічного сміття.	Наявність виробників садових вермикомпостерів. Витрати на рекламу.

4.3 Аналіз зацікавлених сторін

Таблиця 4.5

Зацікавлена сторона	Вплив її на реалізацію проекту	Цікавість її до проекту	Загальний коефіцієнт впливу на проект
Суб'єкти зовнішнього оперативного середовища			
Виробник	100%	100%	0,6
Постачальник	20%	20%	0,4

Споживачі	0%	50%	0,5
Посередники	0	0	0
Зовнішнє середовище			
Політичні структури	0%	25%	0,25
Суб'єкти економічного середовища	0%	40%	0,4
Власники географічних об'єктів	0%	10%	0,1
Суб'єкти демографії	0%	15%	0,15
Суб'єкти культурного середовища	0%	40%	0,4
Суб'єкти НТП	0%	65%	0,65

4.4. Визначення ключових факторів успіху проекту методом Шонфільда

Для більш наглядної оцінки технічного рівня продукту проектуванні і аналогів, а також для більшої об'єктивності оцінки порівняємо дані готового товару методом Шонфільда.

Таблиця 4.6

№	Характеристики	Вагомість характеристик	«EcowormUa»	Садіві вермикомпостери «VermiNut», Австралія	Садіві вермикомпостери «ПастернакБІО», Луцьк
1	Комплексність набору	0,5	5	1	0
2	Конструювання об'єму	0,2	5	0	0
3	Інструкції	0,1	5	3	1
4	Відсутність запаху	0,1	5	5	3
5	Сервісне обслуговування	0,1	5	0	0

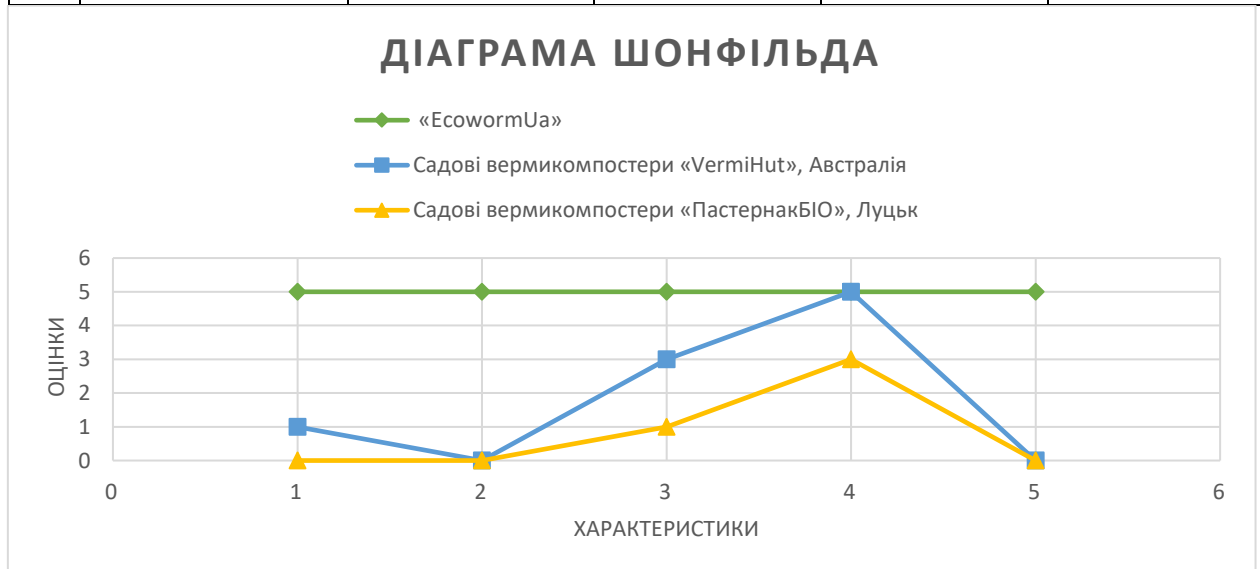


Рис.1. Аналіз ключових факторів успіху проекту

Таким чином, можна сказати ключовий фактор успіху – комплексність набору, можливість конструювання об'єму заповнення, повний інструктаж та

сервісне обслуговування. Загалом, показники вермикомпостерів «EcowormUA» свідчать про перспективність даного продукту.

4.5. Варіанти розвитку ідеї стартапу

Таблиця 4.7

Варіант	Стислий опис можливого розвитку
Варіанти вигляду вермикомпостеру	Створення нових прес-форм для пластику, і варіацій для вермикомпостеру
Подрібнювач сміття	Доповнення набору подрібнювачем органічного сміття

4.6. Класифікація потенційних споживачів

Таблиця 4.8

1. Вік	Від 20-ти років Середній вік 21-65 років
2. За сплатоспроможністю	До 2000 грн/придбання
3. За соціальним рівнем споживачів	Рівень зарплати 4000-30000 грн
4. За способом життя (звички, традиції, стереотипи поведінки)	Активний спосіб життя, наявність хоббі
5. Тип особистості споживачів	Оптиміст, сангвінік/флегматик
6. За ставленням до товару <ul style="list-style-type: none"> • Мотивація придбання • Ставлення до товару • Інформованість про товар • Інтенсивність споживання товару 	Потреба утилізації свого сміття Позитивне ставлення Реклама в соц.мережі Кожного разу після прийому їжі
7. За сімейними цінностями	Високі сімейні цінності та без прив'язки до них
8. За співвідношенням бажання придбати і цінової межі (співставити цифри парами «місячний дохід – вартість одиниці товару»)	Місячний дохід: 4000-30000 грн Вартість однієї одиниці 1700 грн
9. За інтенсивністю споживання товару	Одноразове придбання
10. За інформованістю	Соціальні мережі

4.7. Основні групи потенційних споживачів і їх потреби

Таблиця 4.9

Категорія (група) клієнтів	Потреби, які він задовольняє за допомогою Вашого продукту
Еко-молодь	Турбота за довкіллям
Середній клас	Вирощування мікрозелені
Пенсіонери садівники	Отримання біодобрих

4.8. Запланований обсяг реалізації стартап-продукту (одиниць)

Таблиця 4.10

	Січень 2020	Лютий 2020	Березень 2020	Квітень 2020	Травень 2020	Червень 2020	Липень 2020	Серпень 2020
Запланований обсяг	3 од.	13 од.	16 од.	16 од.	19 од.	23 од.	45 од.	46 од.

4.9. Проектні ціни продажу ідеї, технології, методики, програми

Таблиця 4.11

Найменування товару	Планові обсяги продажу		Аналоги, прототипи	
	Кількість, од.	Ціна, грн/од.	Кількість, од.	Ціна, грн/од.
Вермикомпостер	181	1700	?	2100

4.10. Розрахунок ціни інноваційної пропозиції

1. Витратний метод.

$$\text{Ц} = \text{С} + \% \text{П} = 700 + 3\% = 700 + 21 = 721 \text{ грн.}$$

Де Ц – ціна одиниці товару, грн., С – собівартість одиниці, грн., %П – відсоток прибутку, %П = 1-3%.

2. Агрегатний метод.

$$\text{Ц} = \text{Ц}_1 + \text{Ц}_2 + \dots + \text{Ц}_n = 300 + 19 + 16 + 30 + 20 + 45 + 200 + 230 = 700 \text{ грн.}$$

Де Ц - ціна одиниці товару, грн., Ц_{1...n} – ціни складових частин, грн.

3. Параметричний метод.

$$\text{Ц}_н = \frac{\text{Б}_н}{\text{Б}_б} \cdot \text{Ц}_б = \frac{25}{4} \cdot 2400 = 15\,000 \text{ грн.}$$

Де Ц_н – ціна нового продукту, грн., Ц_б – ціна базового продукту (була взята вартість продукції ПастернакБІО), грн., Б_б – бали за властивості базового продукту, Б_н – бали за властивості нового продукту (вирішальними і принципово новими були: комплексність набору, можливість конструювання об'єму заповнення, повний інструктаж та сервісне обслуговування).

4. Метод точки беззбитковості.

$$\text{Ц} = \text{С} = 700 \text{ грн.}$$

Де Ц – ціна одиниці товару, грн., С – собівартість одиниці, грн.

5. Метод конкурентних цін.

$$\text{Ц} = \frac{\text{Ц}_{x1} + \text{Ц}_{x2} + \text{Ц}_{x3}}{N} = \frac{2400 + 3100}{2} = 2750 \text{ грн.}$$

Де Ц – ціна одиниці товару, грн., Ц_{x1,x2,x3} – ціни конкурентів «VermiHut», «ПастернакБІО»), грн., N – кількість використаних цін конкурентів.

Для ціноутворення був обраний метод конкурентних цін, зі суттєвим зменшенням ціни кінцевої продукції для збільшення обсягу споживачів, оскільки вермикомпостери та набори для цього не є базовою потребою у людини.

4.11. Калькуляція собівартості стартап-продукту

Таблиця 4.12

№	Елемент собівартості	Кількісний показник	Вартісний показник
1.	Затрати на сировину і матеріали	1	500 грн
2.	Заробітна плата і нарахування (ЄСВ)	1	200 грн

4.12. Забезпеченість проекту оборотними фондами

Таблиця 4.13

Група ОбФ	Назва	Норма витрат на півроку	Ціна, грн/од	Очікуваний постачальник	Джерело фінансування
Сировина і матеріали	Сировина	36 200	200	ТОВ АЛЕАНА	Власні кошти
	Матеріали	54 300	300	ТОВ АЛЕАНА	Власні кошти

4.13. Забезпеченість проекту трудовими ресурсами

Таблиця 4.14

Категорія кадрів	Назва посади	Чисельність	Кв. вимоги	Плановий рівень заробітної плати	Джерело фінансування ФОП
Робочий основний	Розробник	1	Комплектація набору, догляд за хробаками	200 грн. з кожного вермикомпостеру	Власні кошти

4.14. Техніко-економічні показники проекту

Таблиця 4.15

Показники	Одиниця виміру	Результат
Піврічний обсяг реалізації ідеї, технології, методики	Од.	181
Середньорічна чисельність персоналу	Осіб	1
Середньорічний виробіток робітника	Од./особу	181
Капіталовкладення	Грн.	140 000
Повна собівартість	Грн./од	700
Відносний прибуток	Грн./од	1000
Рентабельність	%	170
Період повернення капіталовкладень	Місяців	5
Фондовіддача	Грн.	439, 57
Фондоємкість	Грн.	0,0022
Продуктивність праці	Грн/особу	362
Коефіцієнт економічної ефективності		0,714

4.15. Бізнес-модель проекту B2C

4.16. Карта бізнес-процесів проекту

Таблиця 4.16

Стадія реалізації стартап проекту	Бізнес-процеси	Характеристики		
		Задіяні ресурси	Орієнтовна тривалість процесу	Верхня межа фінансових витрат
	Генерація ідеї	Розробник	1 рік	0 – 156 000 грн

Розробка ідеї стартапу	Літогляд, пошук патентів	Розробник	1 рік	0 – 156 000 грн
Реалізація ідеї	Проведення досліджень	Розробник, лабораторія	6 місяців	0-78 000 грн
	Розробка логотипу, назви	Розробник, комп'ютер	2 год	162,5 грн
	Вермикультивування	Розробник	1 рік	0 грн
	Закупівля необхідних складових набору	Розробник, транспорт	1 год	700 грн +81, 25 грн
	Розробка сайту	Послуги програміста	1 тиждень	5 000 грн
Впровадження у виробництво	Реклама в медіа	Соц. мережі	5 год.	200 грн
	Підготовка споживачів	Розробник, споживачі	1 місяць	0 -13 000 грн
Масова реалізація	Пакувальні матеріали	Розробник, Нова Пошта	1 год	19 грн
	Транспортування у мережі продажу буд. матеріалів, садових товарів	Робота водія та вантажників	5 днів	5 000 грн
	Продаж через систему дропшипінгу	-	-	-

4.17. Системний аналіз бізнес-процесів стартапу

Таблиця 4.17

Функції	Елементи
	Розробник
Генерація ідеї	+

Літогляд, пошук патентів	+
Проведення досліджень	+
Розробка логотипу, назви	+
Вермикультивування	+
Закупівля необхідних складових набору	+

4.18. Ризики інноваційної розробки

Таблиця 4.18

Назва процесу	Бізнес-процеси	Зовнішні ризики	Внутрішні ризики
Розробка ідеї стартапу	Генерація ідеї	Неможливість продати продукт	Втрата грошей
	Втома автора	Неможливість продати продукт	Втрата грошей
Реалізація ідеї	Проведення досліджень	Неможливість продати продукт	Втрата грошей
	Розробка логотипу, назви	Незацікавленність споживачів	Втрата грошей
	Вермикультивування	Неможливість забезпечити покупців продуктом	Втрата грошей
	Розробка сайту	Незацікавленність споживачів	Втрата грошей
Впровадження у виробництво	Невдала реклама в медіа	Незацікавленність споживачів	Втрата грошей

Масова реалізація	Некондиція пакувальних матеріалів	Неможливість продати продукт	Втрата грошей
-------------------	-----------------------------------	------------------------------	---------------

4.19. Оцінка ризиків та план заходів з управління ризиками

Таблиця 4.19

Бізнес-процес і його ризики		Ймовірність настання ризику	Вплив ризику на дохід	Заходи страхування
Розробка ідеї стартапу	Генерація ідеї	10%	99%	Створення експертного середовища
	Втома автора	35%	65%	Продовження терміну реалізації стартапу
Реалізація ідеї	Проведення досліджень	20%	52%	Модернізована лабораторія
	Розробка логотипу, назви	10%	65%	Аналіз на цільовій аудиторії
	Вермикультивування	10%	100%	Пошук постачальників, літогляд
	Розробка сайту	45%	70%	Пошук надійних програмістів
Впровадження у виробництво	Невдала реклама в медіа	40%	55%	Пошук нових платформ
	Незацікавленність споживачів	50%	100%	Посилення пропаганди, освітницької діяльності
Масова реалізація	Некондиція пакувальних матеріалів	30%	90%	Пошук нових постачальників

4.20. Методи управління ризиками

Таблиця 4.20

Методи управління ризиками	Методи, які можна використати
Ухилення від ризику	Відмова від ризику: <ul style="list-style-type: none"> - Відмова від ненадійних партнерів, постачальників; - Відмова від прийняття ризикованих проектів, рішень
Прийняття ризику	<ul style="list-style-type: none"> - Самострахування - Створення резервів (у натуральній або грошовій формі (фондів самострахування або фондів ризику)); - Покриття збитку з поточного доходу; - Запозичення (кредитування) - отримання кредитів та позик, державних дотацій для компенсації збитків та відновлення виробництва;
Попередження (скорочення) ризику	<ul style="list-style-type: none"> - Зниження частоти збитку; - Зменшення розміру збитків; - Поділ ризику (диференціація і дублювання); - Здобуття додаткової інформації; - Лімітування; - Стратегічне планування діяльності; - Прогнозування зовнішньої економічної ситуації; - Моніторинг соціально-економічного та правового середовища; - Активний цілеспрямований маркетинг;
Передача ризику	<ul style="list-style-type: none"> - Аутсорсинг ризику; - Надання гарантій, поручительства; - Укладання договорів факторингу; - Страхування; - Перерозподіл ризику серед групи економічних агентів; - Лізинг; - Спонсорство.

РОЗДІЛ 5. Охорона праці

Дослідна частина магістерської дисертації виконана з урахуванням вимог охорони праці, пожежної та екологічної безпеки.

Виходячи з методики виконання експериментальної частини науково дослідної дипломної роботи, в експерименті використовуються електрична, теплова та механічна енергія. На основі виявленого аналізу роботою передбачено заходи і засоби щодо забезпечення здорових безпечних умов праці та пожежної безпеки [30].

5.1. Виявлення та аналіз небезпечних і шкідливих факторів виробництва в мікробіологічній лабораторії. Заходи з охорони праці

5.1.1. Повітря робочої зони

Відповідно до класифікації робіт за енерговитратами та важкістю (ГОСТ 12.1.005 – 88), роботи, що виконуються у хімічній та біотехнологічній лабораторії належать до категорії робіт – середньої важкості II а [31]. Оптимальні та допустимі параметри мікроклімату в робочій зоні у хімічній лабораторії наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 5.1

Оптимальний мікроклімат в приміщеннях хімічних лабораторій

Період року	Категорія робіт	Температура, °С								Відносна вологість, %			Швидкість руху, м/с			
		Оптимальна	Допустима								оптимальна	фактична	допустима, не більше	оптимальна	допустима, не більше	оптимальна
			Верхня границя				Нижня границя									
			На робочих місцях													
			постійних	фактична	непостійних	фактична	постійних	фактична	непостійна	фактична						

Холодний	IIa	18..20	23	22	24	22	17	19	15	19	40 60	60	75	0, 2	0, 3	0, 2
Теплий	IIa	21...23	27	25	29	25	18	20	17	20	40 60	60	65	0, 3	0, 2	0, 2

Допустима температура зовнішніх поверхонь обладнання становить:

$$t_n = t_0 + 2, \text{ } ^\circ\text{C}$$

де t_0 – оптимальна температура повітря робочої зони в теплий період року, $t_0 = 27 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Тоді

$$t_n = 23 + 2 = 25^\circ\text{C}.$$

Лабораторія обладнана боксом біологічної безпеки.

Умови мікроклімату в мікробіологічній лабораторії відповідають вимогам ДСН 3.3.6042-99.

5.1.2. Виробниче освітлення

Роботи у мікробіологічній лабораторії відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 по зоровим умовам відносяться до III (високої точності) та IVa (середньої точності) розрядів. Норми освітлення згідно з ДБН В.2.5-28-2006 наведені в таблиці 4.3.

У лабораторії застосовується природне рівномірне штучне освітлення [32].

Таблиця 5.1.2

Характер зорової роботи	Розряд роботи	Штучне освітлення, лк				Суміщене, КПО, %			
		Комбіноване	Факт	Загальне	Факт	Природне		Комбіноване	
						Бічне	Факт	Бічне	Факт

Середньої точності	IV	750	735	300	300	1,5	1,3	0,9	0,8
Високої точності	III	1500-2000	1800	400-500	470	-	-	3,0	2,6

Розрахунок штучного освітлення

Дозволяє визначити світловий потік, створений лампами, розрахувати освітленість в робочому приміщенні або за даним рівнем освітленості – потрібну кількість світильників.

Основне рівняння:

$$F = \frac{E \cdot S \cdot k \cdot z}{\eta \cdot n}$$

де F — світловий потік однієї лампи, лм.

Обираємо лампу ЛД – 40 з потужністю 40 Вт та світловим потоком 1960 лм;

E — мінімальна нормована освітленість, лк (становить 150 лк);

S — площа приміщення, м² (становить 36 м²);

k — коефіцієнт запасу, який враховує старіння ламп, запиленість та забруднення світильників (становить 1,3);

z — поправочний коефіцієнт, що характеризує нерівномірність освітлення (приймаємо 1,1);

n — кількість ламп;

η — коефіцієнт використання світлового потоку освітлюваної установки у частках, для його знаходження знайдемо індекс приміщення:

$$i = \frac{a \cdot b}{H_p \cdot (a + b)},$$

де a, b — відповідно ширина та довжина приміщення, м (що становить 6 та 6 м відповідно);

H_p — висота підвішування світильників над робочою поверхнею, м (становить 2 м).

Розрахунок:

$$i = \frac{6 \cdot 6}{2 \cdot (6 + 6)} = 1,5$$

Коефіцієнти відбиття $r_{\text{стін}}$ та $r_{\text{стелі}}$ становлять відповідно 70 % і 50 %.

За довідниковими таблицями знаходимо коефіцієнт використання світлового потоку, що становить 56 %.

За формулою (5.3) знаходимо кількість ламп, що потрібні для забезпечення нормальної мінімальної потужності:

$$n = \frac{E \cdot S \cdot k \cdot z}{\eta \cdot F}$$

$$n = \frac{150 \cdot 36 \cdot 1,5 \cdot 1,2}{0,56 \cdot 1960} = 8,86 \approx 9$$

Знайдемо необхідну кількість світильників N:

$$N = \frac{n}{n_c},$$

де n_c - кількість ламп у світильнику (становить 2)

$$N = \frac{9}{2} = 4,5 \approx 5$$

Отже, для нормальної роботи працівників в лабораторії площею 36 м² при штучному освітлені потрібно 9 ламп марки ЛД – 40 потужністю 40 Вт та світловим потоком 1960 лм, які розташовані у 5 світильниках по 2 штуки.

5.1.3. Пожежна безпека

Можливими причинами пожежі можуть бути механічні та хімічні пошкодження обладнання та ізоляції, коротке замикання в електрообладнанні, займання легкоокисних органічних речовин при контакті з окисниками.

Лабораторія забезпечена первинними засобами пожежогасіння.

Для забезпечення пожежної безпеки передбачено виготовити вибухобезпечними згідно з ГОСТ 12.1.030, ГОСТ 12.1.018 та НПАОП 40.1-1.32 штучне освітлення, електрокомунікації, електричне обладнання та електричне устаткування. Для пожежогасіння передбачено застосовувати розпилену воду, піну, вогнегасні порошки класів В та АВС; під час об'ємного гасіння – вуглекислий газ, вогнегасні порошки класів В та АВС, а також аерозольні вогнегасні речовини.

Споруди і будівлі, що віднесені за СН 305-77 до II категорії по влаштуванню блискавкозахисту, проектом передбачено захистити від блискавки шляхом встановлення подвійного стрижневого громовідводу висотою 138 м [33].

ВИСНОВКИ

1. Було проаналізовано актуальні літературні джерела щодо видової відмінності каліфорнійських черв'яків *Eisenia andrei* та *Eisenia fetida*, що стосуються морфологічних показників, ідентифікації видів, біотехнологічних аспектів переробки відходів, вермикультивування, вермикомпостування, утилізації листового опаду та харчових побутових відходів та встановлено, що на сьогоднішній день в літературних джерелах помилково ідентифікують вищезнаданих представників вермикультури, що впливає на швидкість та якість отриманого біогумусу, оскільки різні особини мають свої особливості та характеристики. Дослідження та процес вермикомпостування проводять з використанням відходів різного походження. Це сприяє ефективнішому протіканню процесу та пришвидшує його. Для проведення досліджень було обрано опале листя дерев, оскільки екологічно безпечна утилізація даного типу відходів є найменш вивчена, але актуальною враховуючи те, що зелені насадження здатні акумулювати значну кількість поллютантів, їхня утилізація шляхом спалювання наносить значну шкоду, а однозначного методу не існує. Для досягнення необхідного для вермикомпостування співвідношення C:N до харчових органічних відходів додавали опале листя.

2. За результатами досліджень для найбільш ефективного протікання процесу вермикомпостування з отриманням якісного біодобрива, рекомендується приймати співвідношення ґрунту до харчових відходів та опалого листя, як 11:2:1 (2200 г ґрунту, 400 г харчових відходів, 200 г опалого листя). Вологість субстрату 70–80 %, оптимальна температура субстрату в вермикомпостерах повинна підтримуватися на рівні 19–20 °С. Співвідношення C:N даного субстрату 21:1.

При використанні черв'яків виду *Eisenia andrei* біодобриво набуває більших значень за показником гумус, за короткий час перебігу процесу, в порівнянні з видом *Eisenia fetida*. Тому для процесу вермикомпостування для пришвидшення утилізації органічних відходів, рекомендовано

використовувати вид *Eisenia andrei*. Різниця між двома видами, щодо кількості гумінових та фульвокислот, а саме те, що у *Eisenia fetida* вихід органічних кислот після перебігу процесу є більшим - пов'язано з особливістю будови кишкового тракту досліджуваного виду.

3. Було спроектовано та оптимізовано установку для проведення процесу вермикомпостування, процес дослідження тривав 360 днів у шести спроектованих установках.

4. Встановлено, що відсотковий вміст гумусу після проведення вермикомпостування зростає, що свідчить про ефективність гуміфікації органічних решток. Порівняльний аналіз даних отриманих після 360 днів вермикомпостування видами *Eisenia fetida* та *Eisenia andrei*, свідчить про те, що вміст гумусу у субстраті, отриманому після виду *E.andrei* вищий - 32,29 і 34,03 % у порівнянні з 30,16 та 26,02% у субстраті після виду *E.fetida*.

Дослідження процесу вермикомпостування тривалістю 360 днів видами *Eisenia fetida* та *Eisenia andrei*, свідчить про те, що вміст гумінових та фульвокислот у субстраті, отриманому після виду *E.fetida* вищий, що може свідчити про особливість будови та кількості ферментів у кишковому тракті згаданого досліджуваного виду, на відміну від *E.andrei*.

Як видно з таблиць та з діаграм, представлених у даній магістерській дисертації, кінцеві значення рН зразків, які піддавались вермикомпостуванню видами *Eisenia fetida* та *Eisenia andrei* мають тенденцію до зниження значення рН, що свідчить про вивільнення органічних кислот (ГК та ФК) у процесі розкладання субстрату. Надмірна кількість гумінових та фульвокислот кислот може призвести до зворотнього ефекту стабілізації рН. Витяжка після процесу вермикомпостування видом *E.andrei* показала дещо більш стабілізоване, тобто менше, значення рН.

За отриманими результатами дослідів, відсоток зольності після проведення вермикомпостування зростає. Зольність субстратів в дослідних

зразках значно збільшується протягом процесу, що свідчить про мінералізацію органічних решток, протягом 360 днів процесу вермикомпостування.

Встановлено, що зольність субстрату після вермикомпостування видом *E.andrei* вища за отриману зольність субстрату *E.fetida*, що свідчить про більшу швидкість споживання видом *E.andrei* органічних решток та неможливість перетворення їх в процесі своєї життєдіяльності, знову ж таки, через особливість будови та кількість ферментів у своєму кишковому тракті.

Помилка ідентифікації двох видів черв'яків або більша частота мутації в генах COI чи наявність підвиду перешкоджає конгруентним результатам аналізів ABGD та філогенезу методом NJ, і існує потреба у розробці більш всеохоплюючої стратегії ідентифікації досліджуваних видів дощових черв'яків, такого як мультилокусний підхід мітохондріального геному, який було досліджено у нашій роботі, щоб уникнути існуючих таксономічних невизначеностей.

5. Було втілено в життя власний стартап проект – ціль якого продаж наборів для вермикомпостування. На момент 18.05.2021 р. реалізовано 129 наборів. Рентабельність проекту 170%.

6. Було розглянуто та проаналізовано основні положення створення належних умов праці, заходів забезпечення праці та охорони навколишнього середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Скіп О.С., Буцяк В.І., Печар Н.П.* Технологічні властивості та хімічний склад опалого листя як субстрату для вермикультивування // О.С Скіп, В.І Буцяк, Н.П Печар // Л.: Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Ґжицького. Частина 1. – 2011. Том 13 № 2(48) Частина 1. – С.466-470.
2. *Ладановська Д.О.* «Отримання біодобрива шляхом вермикомпостування відходів» / Д.О. Ладановська // Дипломна робота, (Київ, 2019 р.) / КПІ ім. Ігоря Сікорського, Національна академія наук України, – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, вид-во «Політехніка», 2019. – 58 с.
3. *Жариков Г.А.* Проблема оценки риска при вермикомпостировании органических отходов / Г. А. Жариков, А. В. Шаланда // Агро XXI, 2008. Т. 1-3. – С.33-35.
4. *Pop, A.A., Wink, M., Pop, V.V.,* 2003. Use of 18S, 16S rDNA and cytochrome c oxidase sequences in earthworm taxonomy (Oligochaeta, Lumbricidae). *Pedobiologia* 47, 428–433.
5. *Domi'nguez, J.,* 2004. State of the art and new perspectives on vermicomposting research. In: Edwards, C.A. (Ed.), *Earthworm Ecology*, second edition. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 401–424.
6. *Andre', F.,* 1963. Contribution a l'analyse experimental de la reproduction des lombriciens. *Bull. Biol. Fr. Belg.* 97, 1–101.
7. *Bouche', M.B.,* 1972. Lombriciens de France. E'cologie et Systeme'matique. I.N.R.A. Publ. Ann. Zool. Ecol. Anim. (no hors-serie) 72(2), 671pp.
8. *Sims, R.W., Gerard, B.M.,* 1985. Earthworms. In: Kermack, D.M., Barnes, R.S.K. (Eds.), *Synopses of the British Fauna (New Series)*, No. 31. Published for the Linnean Society of London and the Estuarine and Brackish-water Sciences Association, London.
9. *Elvira, C., Domi'nguez, J., Briones, M.J.,* 1996. Growth and reproduction of *Eisenia andrei* and *E. fetida* (Oligochaeta, Lumbricidae) in different organic residues. *Pedobiologia* 40, 377–384.

10. *Henry, W.B.*, 1999. Differentiation of allozyme loci to distinguish between two species of *Eisenia*. M.Sc. Thesis, Mississippi State University
11. OECD, 1984. Guideline for testing of chemicals no. 207. Earthworm, Acute Toxicity Test. OECD, Paris, France
12. *Шарга Б.М., Ніколайчук В.І., Мага І.М.*, Вермикультура / Метод. Рекомендації, 2006.- 101с.
13. *Буцяк В.В.* Використання біогумусу для підвищення родючості ґрунту і одержання екологічнобезпечної продукції / В.В. Буцяк // Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. Гжицького: зб. наук. праць. – Львів: Вид-во ЛНУВМБТ ім. Гжицького. – 2012. – Т. 14, № 2 (52). – Ч. 3. – С. 33-36.
14. *Канн В.М, Титов И.Т., Шаланда В.А* Вермикомпостирование и вермикультивирование как основа экологического земледелия в XXI веке: достижения, проблемы, перспективы»: сб. научн. Тр. / ред. Кол.: С.Л. Максимова [и др.]. – Минск, 2013. - 250 с.
15. *Сендецький В. М.* Переробка органічних відходів у біогумус методом вермикультивування / В. М. Сендецький. // Збірник наукових праць ННЦ “Інститут землеробства УААН”. – 2009. – №1. – С. 50–55.
16. *Сонько С. П., Пушкарева-Бездиль Т. М., Суханова И. П., Василенко О. В.*, Проблема утилізації опавшого листя в містах і відходів тваринницьких ферм і шляхи його рішення / С.П Сонько, Т.М Пушкарева-Бездиль, И.П Суханова, О.В Василенко // У.: Людина та довкілля. Проблеми неоекології. – 2017. - № 1-2 (27). – С 143-154.
17. *Битюцкий Н.П., Лукина Е.И., Пацевич В.Г. и др.* Влияние червей на трансформацию органических субстратов и почвенное питание растений // Почвоведение. -1998.-N 3.-С.309-315.
18. *Убугунова В.И., Меркушева М.Г., Батудаев А.П. и др.* Гумусное состояние почв и органическое земледелие: Монография.– Улан-Удэ: Изд-во ФГОУ ВПО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия», 2006. – 243с.

19. *Бездиль Р.В.* Влияние состава субстрата на выход вермикомпоста и биомассы искусственной популяции *Eisenia foetida*/ Науковий вісник НЛТУ України. – 2015. – Вип.25.10. – 156-161с.
20. *Корсунова Т.М* Биотехнология конверсии органических отходов вермикulturой и применение биогумуса/ Т.М Корсунова // Вбюестник КрасГАУ. 2014. – Вип. №5 – 55-60с.
21. *Сергієнко В.М* Рістрегулюючий та захисний ефект гумінових речовин / В. Сергієнко // Агробізнес сьогодні. – 2001. -№7. – С.26-29.
22. *Чачина С. Б.* Использование дождевых червей: навозный червь (*E. Fetida*) для разложения промышленных отходов / С. Б. Чачина. // Омский научный вестник. – 2014. – №2. – С. 217–223.
23. *Єлізаров О. І., Лисенко О. І.,* Отримання біогазу з опалого листя// Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. - 2013.- №4/(81).- с. 166-169.
24. *Горова А.І., Лисицька С.М., Павличенко А.В., Скворцова Т.В.,* Біотехнології в екології: *навч. посібник* / *А.І. Горова, С.М. Лисицька, А.В. Павличенко, Т.В. Скворцова.* — Д. : Національний гірничий університет,. 2012
25. *Chang CH.* Ідентифікація дощових черв'яків за допомогою штрих-кодів ДНК: підводні камені та перспективи. / CH Chang, R Rougerie, JH Chen // *Pedobiologia* - 2009; 52:171-80.
26. *Жигжитова И. А.* Методические рекомендации по получению и применению вермикомпостов (биогумуса) для повышения урожая и качества сельскохозяйственных культур / И. А. Жигжитова, Т. М. Корсунова. – Улан-Удэ, 1999. – 18 с.
27. *Торгоня В.С.* Дослідження й обґрунтування прийнятих параметрів біотехнологічного процесу вермикультивування та обладнання для його реалізації / В.С. Торгоня // Науковий вісник НУБіП України :зб. наук. праць. – К.: Вид-во НУБіП України. – 2009. – Вип. 134, ч. 1. – С. 145-152.

28. *Мамонтов В. Г.* Практическое руководство по химии почв: Учебное пособие / В. Г. Мамонтов, А. А. Гладков, М. М. Кузелев. – Москва: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2012. – 222 с.
29. *Морозенко В. Г.* Примірна інструкція з охорони праці для лаборанта хімічного аналізу / В. Г. Морозенко, О. О. Орехов. – Київ: Національний науково-дослідний Інститут охорони праці, 2006. – 24 с.
30. ГОСТ 12.1.005 – 88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [Введен с 01.01.89]. - М.: Госстандарт, 1989. - 30 с.
31. *Муравьева С. И.* Справочник по контролю вредных веществ в воздухе / С. И. Муравьева. – Москва: М.: Химия, 1988. – 320 с.
32. ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення - [Чинний від 15.05.2006]. - Мінбуд України, 2006. – 96 с.
33. СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы - [Чинний від 02.04.85]. – М.: Стройиздат, 1985. – 74 с.